



УДК 612.82+572.74+376.5+372.857

Научная статья / **Research Full Article**DOI: [10.15293/2658-6762.2403.08](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2403.08)Язык статьи: русский / **Article language: Russian**

Особенности развития мозга и способы коррекции при расстройствах аутистического спектра и синдроме дефицита внимания и гиперактивности: обзор современных исследований

С. А. Хаустов^{1,2}, В. А. Дубынин¹¹ Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия² Государственный университет просвещения, Мытищи, Россия

Проблема и цель. Критически важным для разработки способов коррекции нарушений психического развития и применения методов инклюзивного обучения является глубокое понимание нейробиологических процессов в норме и отклонениях. Цель данной работы заключается в обобщении современной и наиболее актуальной информации об особенностях строения и функционирования мозга в связи с нарушениями нейронных структур, путей и сетей, а также о методах психосоциальной и педагогической коррекции детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности и расстройствами аутистического спектра.

Методология. Работа базируется на комплексном анализе результатов экспериментальных исследований в области когнитивных наук и смежных направлений, затрагивающих вопросы нейроотличных состояний. В качестве материала были использованы научные статьи, опубликованные в 2003–2024 гг., преимущественно в последние 3 года.

Результаты. В рамках исследования авторами выявлены ключевые общие и отличительные черты патогенеза, эпидемиологии, нейробиологических основ развития расстройств аутистического спектра и синдрома дефицита внимания и гиперактивности. Продемонстрированы примеры нарушений, наблюдаемых на уровне анатомических структур мозга и функционирования отдельных нейронных сетей. Акцентированы распространение многообразия симптоматических проявлений, сопутствующих нарушений (коморбидность), сложность в разделении понятий нормы и патологии в условиях широкого спектра нейроотличных состояний.

Обобщив данные по различным методам терапии и коррекции, авторы обосновали ключевую роль психосоциальной адаптации, в том числе в рамках школьного обучения, что требует от учителей глубокого понимания особенностей психического развития и владения методическими приемами взаимодействия с нейроотличными детьми. Актуальным выглядит дозированная передача детям информации об особенностях психического развития для осознания собственных проблем и поиска их решения, что может осуществляться в рамках преподавания биологии при соответствующей подготовке педагогов.

Библиографическая ссылка: Хаустов С. А., Дубынин В. А. Особенности развития мозга и способы коррекции при расстройствах аутистического спектра и синдроме дефицита внимания и гиперактивности: обзор современных исследований // Science for Education Today. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 154–181. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2403.08>

✉ Автор для корреспонденции: Сергей Анатольевич Хаустов, sa.khaustov@guppros.ru

© С. А. Хаустов, В. А. Дубынин, 2024

Заключение. Реабилитация и интеграция в социум детей с расстройствами аутистического спектра и синдромом дефицита внимания и гиперактивности – основной и практически единственный способ решения проблемы, требующий понимания особенностей нейроразвития, осознанного и терпимого отношения со стороны педагогов, психологов, родителей и сверстников.

Статья адресована специалистам в области психологии, коррекционной и инклюзивной педагогики, педиатрам, воспитателям, учителям, родителям.

Ключевые слова: расстройства аутистического спектра; синдром дефицита внимания; гиперактивность; нарушения психического развития; нейроразличия; нейронные структуры; коморбидность; психосоциальная коррекция; инклюзивное обучение.

Постановка проблемы

Исследования последних десятилетий демонстрируют значительный рост диагностирования детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) и расстройствами аутистического спектра (РАС). Эти нарушения развития нервной системы являются самыми распространенными не только среди всех психических нарушений, но и среди совокупности таких социально значимых болезней, как детская онкология, ювенильный диабет, синдром приобретенного иммунодефицита в совокупности [1].

Отличительной чертой РАС является когнитивная ригидность, в то время как СДВГ характеризуется чрезмерной гибкостью мышления и проблемами с концентрацией. Однако в клинической картине обоих расстройств можно выявить такие общие черты, как сложности с коммуникацией, социальный дефицит, гиперфокус, невнимательность [2]. Фиксируются общие причины и этапы патогенеза, а также сходная распространенность сопутствующих заболеваний (коморбидность). Всё это приводит к нарушениям не только в психической сфере (речь, сенсорное восприятие, когнитивные способности), но и в деятельности различных систем организма (пищеварение, обмен веществ, иммунная система), провоцируя ухудшение качества жизни, в крайних случаях – инвалидность и нетрудоспособность.

В отечественной медицине принято использование в отношении РАС и СДВГ традиционных понятий, таких как патология, заболевание, синдром. Диагностирование и лечение осуществляется с помощью психиатрических (реже – неврологических) терапевтических средств [3]. В практике многих других стран чаще применяется концепция нейроразличности, предполагающая наличие широкого спектра психосоциальных состояний, рассматриваемых не как нарушения нормального развития мозга, а как его особенное функционирование. Часто оказывается сложно провести черту между патологическим состоянием и нормой с проявлением некоторых характерных симптомов. В США диагностирование, лечение и наблюдение может осуществляться не только врачом, но и клиническим психологом [4].

Данные заболевания определяются как полигенные. В риск их возникновения совместный вклад вносит широкий набор факторов окружающей среды, генетических и эпигенетических нарушений. Сочетание факторов риска в период беременности приводит к возникновению воспалительных процессов в организме матери, которые влияют на нейрогенез плода и последующее проявление нарушений психического развития в возрасте 12–24 месяцев и позже. Нейробиологические исследования выявили определенные анатомические, клеточные и молекулярные отклонения от нормы (соотношение объема белого и

серого вещества, атипичная нейронная связность, особенности микроструктуры мозга). Механизмы, лежащие в основе данных состояний, включают нарушения функционирования нейромедиаторных систем и синапсов, определенных нейронных сетей и микросетей (особенно в коре больших полушарий и в базальных ганглиях), возбуждающе-тормозный дисбаланс, гипоактивность и гиперактивность различных отделов мозга.

Особую актуальность представляет необходимость раннего диагностирования и коррекции данных состояний, что в наиболее оптимистичных сценариях приводит к практически полной компенсации и возможности функционирования наравне с нейротипичными людьми. В то же время отсутствие своевременного лечения и применения психосоциальной коррекции может вызывать задержку умственного развития, усугубление проблем, связанных с социальным поведением, обучением, психологическим здоровьем. Исследования тонкой анатомии и деятельности различных структур головного мозга с помощью современных методов нейровизуализации направлены в том числе на разработку новых методов диагностики и сопровождения терапии.

По самым скромным оценкам общая доля детей с чертами нейроотличности составляет около 10 %. Постановка окончательного диагноза происходит по результатам психиатрического заключения, однако широта спектра состояний означает широкую распространенность в обществе детей с расстройствами различной степени тяжести (в том числе недодиагностированных), характеризующихся комплексом симптомов, требующих если не лечения, то особенного педагогического и родительского отношения. Применение к ним стандартных требований в отношении учебной дисциплины, усидчивости, коммуникации

и совместной работы часто приводит к невозможности выполнения заданий, низким оценкам, возникновению ситуации психологического дискомфорта, фрустрации, конфликтам.

Целью данной работы является обобщение современной и наиболее актуальной информации об особенностях строения и функционирования мозга в связи с нарушениями нейронных структур, путей и сетей, а также о методах психосоциальной и педагогической коррекции детей с СДВГ и РАС.

Методология исследования

Для выполнения цели настоящего исследования было проведено комплексное изучение экспериментальных и обзорных научных публикаций в области когнитивных наук, нейробиологии, коррекционной педагогики, затрагивающих вопросы нейроотличных состояний. Поиск материалов осуществлялся с использованием научной электронной библиотеки eLIBRARY и базы данных PubMed по ключевым словам «синдром дефицита внимания», «гиперактивность», «расстройства аутистического спектра» на русском и английском языках. В работу включались наиболее современные публикации с доступными полнотекстовыми версиями. В итоге, в качестве первоисточников были использованы 63 статьи, опубликованные в реферируемых профильных журналах и трудах научных конференций в 2003–2024 гг., около 50 % из которых – в последние 3 года. Изучение материалов осуществлялось с помощью общенаучных методов познания: анализа, синтеза, сравнения, обобщения, конкретизации.

Результаты исследования

Для достижения цели исследования проведено изучение проблемы по следующим направлениям:

– эпидемиология и симптомы;

– особенности анатомии и физиологии мозга при СДВГ и РАС;

– методы коррекции нейроотличных состояний;

– особенности обучения нейроотличных детей в школе.

Принципиальная новизна проделанной работы заключается в сравнительном аспекте рассмотрения РАС и СДВГ, выявлении их особенностей и взаимной коморбидности. Акцент направлен на демонстрацию разнородности симптоматических проявлений и сопутствующих нарушений, сложности в разделении понятий нормы и патологии в условиях широкого спектра нейроотличных состояний. Детальное рассмотрение нейробиологических основ данных нарушений психического развития позволяет обосновать ключевую роль психосоциальной адаптации, в том числе в рамках школьного обучения, для проведения коррекционной работы.

Эпидемиология и симптомы

РАС и СДВГ представляют собой нарушения развития центральной нервной системы, возникающие в критические периоды внутриутробного (отчасти и неонатального) развития под воздействием комплекса внешних и генетических факторов [5]. Отличия в профилях возбуждения и торможения, особенностях памяти и внимания, сенсорного восприятия, моторной регуляции, отражающиеся в проблемах обучения и социализации, позволяют характеризовать детей и взрослых с данными диагнозами как нейроотличных. По мере вступления во взрослую жизнь они

могут сталкиваться с проблемами, связанными с управлением временем, организацией, постановкой целей, сохранением трудовой занятости. Для РАС характерны серьезные дисфункции в области вербального и невербального общения, нарушения социального взаимодействия (социальная отстраненность, одиночество), стереотипное повторяющееся поведение, ограниченные интересы. Часто встречаются измененное восприятие (например, измененный сенсорный профиль, повышенная чувствительность к запаху, нарушение восприятия желтого, синего цветов) [6]. СДВГ проявляется в невнимательности, трудности концентрации, импульсивности, что может приводить к функциональным нарушениям. Гиперактивность ведет к бессоннице, импульсивность – к необдуманным поступкам, крику, использованию ненормативной лексики в раннем возрасте. Патологическая отвлекаемость, истощаемость и сужение объема внимания значительно усложняют обучение.

Распространенность обоих состояний непрерывно растет в последние десятилетия, что, вероятно, связано с большей осведомленностью со стороны родителей и педиатров, развитием ранней диагностики и общим вниманием к проблеме. Оба состояния в два и более раза чаще выявляются у мальчиков, чем у девочек, что может допускать высокую долю присутствия в обществе женщин с не диагностированными (маскированными) нейроотличиями. На сегодняшний день встречаемость СДВГ и РАС в мире составляет 5–12 % и 0,7–2,6 % соответственно [7; 8]. По некоторым данным 18–40% детей школьного возраста проявляют некоторые из симптомов СДВГ¹ [9; 10].

¹ Чурило Н. В. Актуальные подходы к обучению и воспитанию детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью // Актуальные проблемы специального и инклюзивного образования: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической

конференции, Саранск, 14–15 марта 2019 года. – Саранск: Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева. – 2019. – С. 123–128. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40546084>

Число диагностированных детей с РАС среди учащихся в России возросло за последние 6 лет более чем в три раза и составляет почти 48 тыс. человек или примерно 0,15 % детского населения² [11]. Недодиагностированность оценивается минимум как 5-кратная³ [12].

Дети с РАС более подвержены зависимости от гаджетов, компьютерных игр; взрослые с РАС со средним или выше среднего коэффициентом интеллекта более чем в два раза чаще становятся зависимыми от наркотиков и алкоголя, чем их сверстники. У людей с СДВГ риск возникновения зависимостей еще выше, примерно в четыре раза меньше шансов окончить университет по сравнению со своими сверстниками, и, как правило, в среднем они имеют более низкий социально-экономический статус. У них часто возникают конфликтные отношения с родителями, братьями и сестрами, сверстниками и супругами. В два-три раза повышен риск совершения правонарушений [13]. СДВГ часто сопровождается повышенным риском травм, дорожно-транспортных происшествий, частого использования медицинских услуг, преступности, безработицы, разводов, самоубийств, рискованного поведения, преждевременной смертности [14]. От 50 до 75 % детей с СДВГ демонстрируют симптомы нарушения регуляции эмоций, например, проявляют гнев, раздражительность, низкую терпимость к разочарованию или выражают неуместные положительные эмоции.

Около 50 % детей с СДВГ проявляют черты РАС, и наоборот, что указывает на воз-

можные общие механизмы этиологии и патогенеза обоих синдромов [15]. Одновременное присутствие СДВГ и РАС формирует наиболее неблагоприятный прогноз в связи со стойкими проблемами в сферах социализации и обучения. Коморбидность выражается также в распространенности проявления сопутствующих психических и функциональных заболеваний. В обоих случаях наиболее часто диагностируется обсессивно-компульсивное и тикозные расстройства, умственная отсталость, нарушения развития речи, проблемы с пищеварением. Степень тяжести СДВГ достоверно связана с большим количеством общих сопутствующих диагнозов: депрессия, тревожные расстройства, нарушения сна, мигрень, эпилепсия. До 87 % детей с СДВГ имеют хотя бы одно коморбидное заболевание, до 67 % – два и более [16]. Гендерные отличия заключаются в том, что у женщин с СДВГ чаще встречается аутизм, у мужчин – шизофрения [17].

С эволюционной точки зрения аутистические черты могли быть предметом давления положительного отбора из-за потенциальных преимуществ однотипного целеустремленного навязчивого поведения. Гиперфокус, характерный для нейроразличных людей, позволяет им успешно выполнять некоторые виды деятельности, развивая до высокой степени мастерства стереотипные навыки. Тем самым увеличивалась их репродуктивная пригодность, что могло способствовать поддержанию соответствующих аллелей в генофонде [18]. Психобиографические исследования выдающихся ученых предполагают наличие аутистических черт у Ньютона, Эйнштейна,

² Аналитическая справка о состоянии образования обучающихся с расстройствами аутистического спектра в субъектах Российской Федерации в 2022 году. URL: https://autism-frc.ru/ckeditor_assets/attachments/4263/analiticheskaya_spravka_monitoring_ras_2022_29_12_2022.pdf

³Статистика аутизма в России и в мире. URL: <https://nakedheart.online/articles/statistika-autisma-v-rossii-i-mire>

Мари Кюри (Нобелевская премия 1903 г.) и её дочери Ирен Кюри (Нобелевская премия 1935 г.). Считается, что именно нейроотличность мозга позволила им совершить прорывные научные открытия [19].

Особенности анатомии и физиологии мозга при СДВГ и РАС

Использование функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) позволяет изучать структуру и функционирование различных областей мозга и сетей, связанных с клиническими симптомами РАС и СДВГ (нарушения социальной коммуникации, распознавания лиц, движений, речи, памяти, внимания). Ожидается, что дальнейшее развитие методов нейровизуализации с внедрением подходов машинного обучения позволит не только осуществлять научные исследования, но и выполнять подтверждение диагноза психоневрологических синдромов и определять индивидуальные особенности клинической картины [20].

В ходе прогностических нейровизуализационных исследований детей группы риска (у старших братьев и сестер которых диагностировали РАС) наблюдалось гиперрасширение и повышение плотности лобных, височных и теменных долей поверхности коры в возрасте от 6 до 12 месяцев, за которым следовал чрезмерный рост объема мозга в возрасте от 12 до 24 месяцев [21]. Результаты исследований в случае СДВГ, напротив, демонстрировали задержку созревания, особенно в теменно-височной и префронтальной коре, вплоть до стойких сокращений общего объема мозга примерно на 3–5 %. Относительное уменьшение также наблюдалось в таких подкорковых структурах, как полосатое тело (включая путамен, прилежащее и хвостатое ядра), гиппокамп, а также мозжечок [6].

При обоих нарушениях может быть уменьшен объем серого вещества нижней лобной извилины, миндалины, проявляется аномальное функционирование гиппокампа, предклинья, мозжечка. В случае РАС в течение жизни прослеживается уменьшение объема мозолистого тела (агенезия мозолистого тела часто ассоциирована с РАС), а посмертные исследования показали снижение количества нейронов в миндалине, веретенообразной извилине и мозжечке с сопутствующими признаками стойкого нейровоспаления [22]. Кроме того, обнаружена связь объема мозга с уровнями апоптоза, окислительного стресса, аутофагии и синаптогенеза [23]. Нейровоспаление ретикулярной формации ствола головного мозга вызывает дисфункцию ее активирующего влияния, включая нарушения сенсорной обработки и деятельности вегетативной нервной системы. Усиленное симпатическое возбуждение и парасимпатическая гиподисфункция приводят к сенсорному сверхвозбуждению и ухудшению сна, тахикардии, гипертонии, нарушению перистальтики желудочно-кишечного тракта и секреции пищеварительных ферментов [24].

На протяжении всей жизни возможно проявление различий в структурах белого вещества, изучаемых с помощью диффузионно-тензорной визуализации. Если у нейротипичных детей к 7 годам обычно миелинизация префронтальной коры достигает необходимой степени и обеспечивает процессы внимания, проявление волевых качеств и усидчивости, то при СДВГ и РАС этого не происходит [25].

В рамках рассматриваемых синдромов выявлен важный вклад измененной активности дугообразного (верхнего продольного) пучка. Этот пучок соединяет задние рецептивные зоны с премоторными и двигательными областями коры мозга (включая зону Брока), принимающими участие в речевой функции,

движениях, внимании [18]. Дисфункция кортикостриатного и nigростриатного трактов (соединяющих с полосатым телом префронтальную кору и черную субстанцию, соответственно) приводит к стереотипному поведению при РАС и проблемам обучения при СДВГ [26]. Возникающие мотивационные расстройства по типу «поведенческой зависимости» проявляются, например, в повторяющихся действиях в компьютерных играх, которые оказываются более предпочтительными, чем социальное одобрение или денежное вознаграждение [27].

Регуляция эмоций и мотиваций осуществляется также с участием орбитомедиальных и вентромедиальных лобнолимбических сетей, формирующих систему внутреннего подкрепления. Аномальная чувстви-

тельность к вознаграждению выявлена в медиальной префронтальной коре подростков с СДВГ во время выполнения учебных задач в результате гипофункции дофаминергической системы [6].

Мезолимбический путь вознаграждения (участвующий в механизмах эмоции, памяти, обучения) соединяет вентральную область покрышки среднего мозга и черную субстанцию с различными структурами лимбической системы. Этот путь представляет собой плотный участок белого вещества, сформированный аксонами дофаминергических нейронов и проходящий вдоль медиального пучка переднего мозга. Ограниченные аномалии и дисфункции мезолимбического пути вознаграждения лежат в основе нарушений социального взаимодействия при детском РАС (рис.) и СДВГ [26].

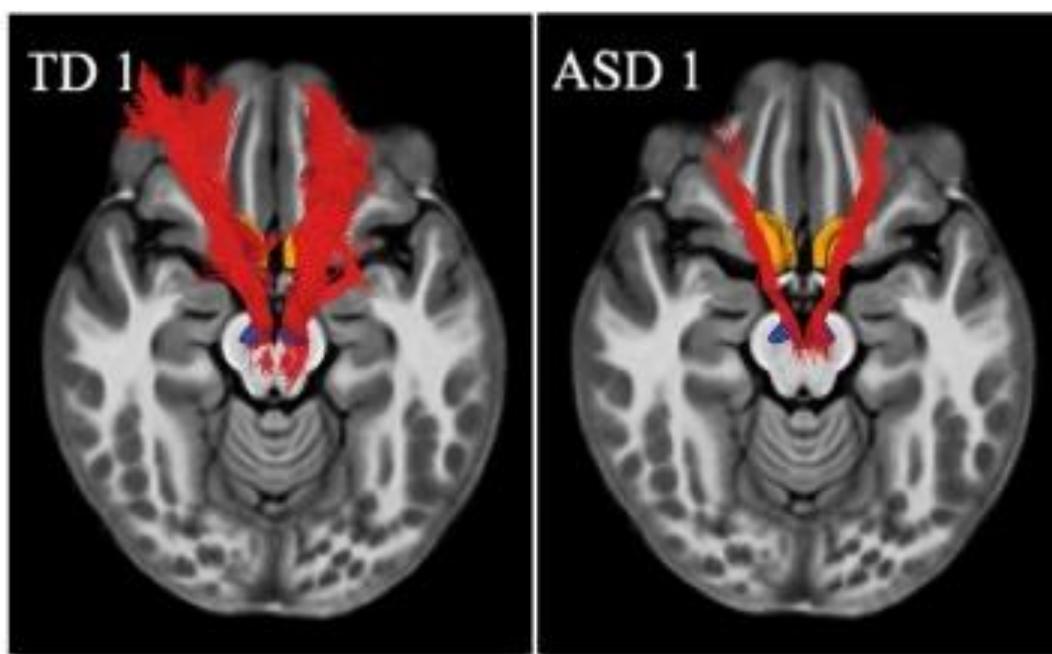


Рис. Мезолимбический путь вознаграждения у нейротипичных детей (TD1) и детей с РАС (ASD1)

Fig. Mesolimbic reward pathway in neurotypical children (TD1) and children with ASD1

Примечание. Видны участки белого вещества (отмечены красным цветом), основные подкорковые узлы (отмечены оранжевым). Дети в группе с РАС, у которых обнаружена сниженная функциональная связь, в ответ на социальные стимулы демонстрировали более серьезные нарушения социального взаимодействия [28].

Note. Areas of white matter are visible (marked in red), the main subcortical nodes (marked in orange). Children in the ASD group with reduced functional connectivity showed more serious violations of social interaction in response to social stimuli [28].

Следует отметить, что мезокортиколимбический путь, проходящий через центр удовольствия nucleus accumbens, играет ключевую роль в поддержании мотивации и целенаправленного поведения у млекопитающих. Его нарушения сопровождаются снижением высвобождения дофамина в префронтальной коре и нейронного ответа в прилежащем ядре прозрачной перегородки, приводя к дисфункциям социального взаимодействия [29].

Большинство гиперактивных областей, связанных с СДВГ, выявлены в составе дефолт-системы мозга (ДСМ) либо в пределах зрительной сети. Обратная (негативная) корреляция ДСМ и сетей когнитивного контроля, характерная для нормы, снижена или отсутствует у детей и взрослых с СДВГ. Это согласуется с гипотезой о том, что провалы внимания, характеризующие СДВГ, являются результатом ненадлежащего вмешательства ДСМ в деятельность лобно-теменной, вентральной или дорсальной сетей внимания [20]. В научной литературе указывается на снижение целостности белого вещества в трактах, связывающих структуры ДСМ при РАС, особенно в пределах поясной извилины, участвующей в том числе в таких эмоциональных реакциях, как смех [30].

Нетипичные реакции в первичной сенсорной коре отражают нарушения в сенсорном восприятии действительности (перцепции) при РАС, в том числе в восприятии окружающих людей и собственного места в обществе (социальная перцепция). Кроме того, часто выявляются трудности с кодированием взаимосвязей между предметами и извлечением точной информации о контексте события (ассоциативная память), причем при сохранении способности кодировать и извлекать контекстно-независимую информацию. Показано, что повышенная активность гиппокампа может компенсировать снижение связи между

медиальной височной долей и задней медиальной корой (часть ДСМ), лежащей в основе ассоциативной памяти [31]. Так, локальная сверхсвязанность в коре больших полушарий сочетается со сниженной функциональной связностью между корой префронтальной и теменно-височной ассоциативных областей. Таким образом, типичное поведение нейротипичных людей может реализовываться через нетипичные базовые механизмы. Что же касается внутренней гиперсвязанности, она способна приводить к «сетевой изоляции», ограничивая динамические взаимодействия между системами мозга, которые необходимы для сложного социального поведения.

У детей с РАС были обнаружены структурные аномалии в областях системы зеркальных нейронов (СЗН), вызывающие нарушение активации основного контура имитации, что также проявляется в локальной сверхсвязанности в коре головного мозга со сниженной функциональной связностью между лобными долями и остальной частью коры [21]. В то же время некоторые структуры СЗН могут компенсировать нарушения миндалины, приводящие к снижению реакции на восприятие эмоций, воображение, имитацию. Функциональная связь между миндалиной, височной корой, островковой корой, а также некоторыми другими областями СЗН была увеличена у лиц с высокофункциональными РАС, особенно во время имитации выражений страха [32].

Основные симптомы СДВГ связаны с чрезмерно гибкой динамикой всего мозга, которая вызывается нестабильной активностью дорсальной сети внимания и левой теменной коры. Когнитивная нестабильность состояний СДВГ с сопутствующими РАС коррелирует с нетипично частым нейронным переходом по определенной траектории изменения состояния мозга, которая определяется нестабильной активностью лобно-теменной сети внимания и

префронтальной коры [33]. Большинство гипоактивированных областей при СДВГ связаны с вентральной сетью внимания и лобно-теменной (центральной исполнительской) сетью [20]. Нарушения микроструктурных свойств правого верхнего продольного пучка связаны с ухудшением свойств рабочей памяти и устойчивости внимания у детей. Фенотипические и генетические корреляции между вентральной сетью внимания и вентральным ассоциативным путем (нижний лобно-теменной пучок) влияют на такие когнитивные навыки, как зрительно-пространственная интеграция, речь, эмоциональный контроль, переключение внимания.

Таким образом, СДВГ и РАС можно рассматривать как результат аномальных связей или «неправильного подключения», что приводит к нарушению работы крупномасштабных систем мозга (коннектома), вызывая соответствующие симптомы [25].

Методы коррекции нейроотличных состояний

В настоящее время не существует лекарственных препаратов, способных устранить или значительно улучшить симптомы в большинстве случаев РАС и СДВГ. Однако раннее (до периода школьного возраста) и адекватное вмешательство потенциально способно снизить риск негативных последствий для психического и физического здоровья. Коррекция требует использования поведенческих, психосоциальных, образовательных, медицинских и дополнительных методов. Цель воздействий состоит в том, чтобы максимизировать функциональные возможности человека, независимость и качество жизни посредством развития речи, двигательной коррекции, сенсорной интеграции [34], улучшения социальных навыков, снижения инвалидности и сопутствующих заболеваний, оказания поддержки семьи.

Кроме того, важна помощь в выявлении сильных сторон личности и реализации соответствующего потенциала [35].

Стимулирующие препараты (лиздексамфетамин, метилфенидат) относятся к перечню дофаминергических психотропных средств и в западных странах (Европе, США и др.) назначаются при случаях СДВГ средней и тяжелой степени в возрасте от 6 лет и старше; в Российской Федерации к применению не разрешены. Альтернативными вариантами лечения являются не стимулирующие препараты (атомоксетин), адренергические средства (клонидин и гуанфацин), антидепрессанты (трициклические и бупропион). У значительной доли подвергающихся фармакотерапии регулярное применение приводит лишь к небольшим улучшениям, обычно в течение двух лет происходит привыкание, и большинство пациентов перестают ощущать положительные эффекты при сохранении побочного действия [36].

Имеются данные, что интраназальное введение окситоцина улучшает социальные способности, налаживает зрительный контакт, эмпатию и сотрудничество, распознавание эмоций, коммуникацию, особенно у детей с самыми низкими показателями окситоцина до начала лечения. Однако последующие результаты поставили под сомнение эффективность данного типа воздействий, что означает необходимость продолжения исследований [37]. Мелатонин используется для улучшения сна [38]; антипсихотики, являющиеся в первую очередь антагонистами D2-дофаминовых рецепторов (респиридон, тералиджен), в низких дозах способны уменьшить повторяющиеся действия, уровень тревожности и агрессивности.

Агонист глутаматных NMDA-рецепторов D-циклосерин значительно снижает соци-

альную замкнутость и повторяющееся поведение. Введение антагониста NMDA-рецепторов мемантина влияет на стереотипность поведения, вялость, раздражительность, гиперактивность и невнимательность. Антагонистическим действием на данный тип рецепторов также обладает используемый в качестве анестетика во время хирургических операций инертный газ ксенон. Такие уникальные свойства, как быстрое проникновение в мозг, отсутствие токсичности и метаболизирования, позволяют применять ксенон в субанестетических дозах в смеси с кислородом. Вдыхание ксенона лабораторными животными в модели аутизма, индуцированного вальпроевой кислотой, приводило к снижению проявлений социальной агрессии и тревожности, нормализации поведения и исследовательской мотивации [39].

Растущее понимание недостатков фармацевтических препаратов приводит к изучению альтернативных методов воздействия, в том числе факторов питания [40]. Добавки витамина D до и во время беременности оказывали весьма ограниченное благотворное профилактическое действие в отношении рождения ребенка с РАС [41; 42]. Было описано, что прием свободных жирных кислот [6] и антиоксидантов [43] приводит к небольшому уменьшению симптомов СДВГ. Изучение эффективности применения пищевых добавок и биологически активных веществ (витаминов, цинка, пробиотиков, растительных полифенольных экстрактов), а также соблюдения безглютеновой и безказеиновой диет) продолжается [44]. Учитывая полигенность механизмов нарушений психического развития, можно предположить, что будущее за персонализированным подходом в лечении каждого конкретного случая [45].

Показано, что долгосрочная модификация рациона в период беременности, наряду с

другими вариантами профилактики (снижение уровня стресса, исключение опасных факторов окружающей среды) обеспечивает более здоровое состояние микробиома кишечника и снижает риск развития неврологических заболеваний потомства [46]. Вместе с тем все эти факторы не способны привести к значительному улучшению психического состояния ребенка после постановки диагноза [47]. Поскольку трансплантация микробиома от людей с РАС мышам, лишенным микробов, может вызывать аутистическое поведение, предполагается возможность разработки профилактических подходов, основанных на трансплантации здорового микробиома детям из группы риска [48].

Методы транскраниальной магнитной и электрической стимуляции представляют собой потенциальные средства модуляции активности коры головного мозга [49]. Предполагается, что стимуляция префронтальной коры улучшает внимание, торможение и рабочую память при СДВГ, левой префронтальной и левой теменно-височной ассоциативной коры – влияет на поведение и проблемы с чтением при РАС и дислексии соответственно [33].

Достаточно эффективны различные коррекционные психосоциальные технологии. Прикладной поведенческий анализ (Applied behavior analysis, АВА) – это метод изменения поведения, подходящий для тяжелых форм РАС. Выработываемый навык разбивается на элементарные действия, каждое из которых выполняется отдельно, затем усваивается последовательность и формируется комплексная модель поведения. Учитывая, что у детей с РАС имеются особенности в системе вознаграждения и мотивации, необходимо доведение каждого действия до высокой степени ав-

томатизма [28]. Так, для достижения успешного результата детям до 4 лет необходимо 20–40 часов отработки навыков в неделю.

Лечение и обучение детей с аутизмом и нарушениями коммуникации (Treatment and Education of Autistic and Related Communication Handicapped Children, ТЕАССН) – методика структурированного обучения с специальным вниманием к среде. Создаются особые условия для развития без лишних раздражителей, в соответствии со строгим расписанием и неизменным расположением предметов в комнате. Вспомогательным направляющим инструментом могут быть карточки с текстовыми или графическими инструкциями-напоминаниями. Работа с детьми осуществляется по следующим направлениям: крупная и мелкая моторика, координация рук и глаз, простая познавательная деятельность, самообслуживание, социальные отношения, речь, имитация. Как было показано, чем лучше люди с РАС имитируют выражение лица, тем точнее они распознают эмоции других людей [32]. Методика применяется для возрастной группы от 3 до 14 лет при уровне развития речи, соответствующем не менее 5 годам.

В основе многих методик лежит использование игровых технологий, направленных на общее развитие ребенка, а не на выработку конкретных навыков. Так, методология Floortime (дословно «время, проведенное на полу») предполагает следование инициативе ребенка в его естественных интересах в процессе знакомства с внешним миром в игре и социальном взаимодействии. Терапию начинают с самых маленьких детей (до года), проводят с подростками и взрослыми (в этом случае игра заменяется специально разработанным рассказом). Theraplay (therapy – терапия, play – игра) – структурированный игровой проактивный подход, основанный на теории

привязанности. При его использовании терапевт организует взаимодействие родителя и ребенка таким образом, чтобы скомпенсировать существующие у обоих дефициты и тем самым способствовать развитию более гармоничных отношений [50].

Денверская модель раннего вмешательства (Early Start Denver Model, ESDM) базируется на эффективных техниках игрового взаимодействия, общения и обучения. Подход позволяет влиять на развитие интеллекта, адаптивных функций и в меньшей степени – языка, навыков повседневной жизни и социализации [51]. При данной терапии ребенок находится в комнате, оборудованной специальными инструментами, стимулирующими все органы чувств, что позволяет постепенно приспосабливаться к повседневной жизни. Следует отметить, что негативное отношение к прикосновениям (тактильная дефензивность), достаточно часто встречающееся при РАС, наиболее выражено наблюдается в отношении легких прикосновений, которые могут приводить к сенсорной перегрузке. Более плотные прикосновения, наоборот, успокаивают и обеспечивают приятные ощущения [18]. Для стимуляции подобных ощущений в сенсорных комнатах размещаются, например, специальные гамаки-«коконы».

Когнитивно-поведенческая терапия направлена на создание ситуаций, способствующих замене нежелательных действий более социально приемлемыми. Примером может быть создание привычки при первых симптомах проявления гнева выполнять дыхательные упражнения, произносить про себя заранее выученную ритмичную успокаивающую фразу, считатьку и т. п.

Альтернативные подходы (песочная терапия, иппотерапия, дельфинотерапия, кинезотерапия, физиотерапия, йога) могут усили-

вать мотивацию ребенка и выполнять адьювантное воздействие. Виртуальная реальность используется для обучения социальным навыкам, таким как восприятие эмоций, распознавание жестов и выражений лица. Дополненная реальность может применяться для создания интерактивных игр и занятий, которые помогают изучать новые слова, улучшить моторные навыки, когнитивные функции и взаимодействие с окружающей средой. Перспективным выглядит разработка роботов-ассистентов, с которыми дети с аутичными чертами способны взаимодействовать более эффективно, чем с людьми [52].

Поскольку повторяемость и привычность крайне важны для детей с РАС, ведется поиск методик с высокой предсказуемостью и «понятностью» социального взаимодействия для снижения тревоги и развития социальной коммуникации. К этим методам относятся музыкотерапия, ритмические игры, а также подходы, основанные на тактильном взаимодействии. Такие игры, как LEGO и Minecraft, способствуют релаксации, снижению стресса и улучшению симптомов РАС. Игровая динамика предполагает применение и развитие навыков решения проблем, самоконтроля, взаимодействия [53]. Отечественным оригинальным опытом является использование фольклорных форм – пестушек и потешек, которые представляют собой повторяющиеся сенсорно-социальные взаимодействия, сопровождающиеся стихотворным текстом. Краткость, формальная простота, интерактивность, четкая ритмическая структура, подчеркнута эмоциональное интонирование и широкое использование различных видов физического взаимодействия в предсказуемой для ребенка форме делают их идеально подходящими для игровой терапии [54].

Типичные симптомы невнимательности, гиперактивности и импульсивности являются

(по крайней мере частично) результатом дисфункциональной рабочей памяти. Следовательно, когнитивные тренинги, в том числе с использованием компьютера и мобильных приложений [6], позволяют уменьшать зависимость поведения от непосредственного сенсорного воздействия окружающей среды и лучше осознавать собственные реакции. Свою эффективность показали упражнения на запоминание букв и цифр, положения объектов в сложной сетке [55]. Нейроотличные дети часто проявляют большую привязанность к цифровым медиа, что упрощает использование различных компьютерных и мобильных программ поддержки (тренажеров, календарей-напоминаний и т. п.), однако следует учитывать, распространенность чрезмерного использования интернета и компьютерных игр у нейроотличных детей (37 % при СДВГ против 12 % у нейротипичных) [56].

Физические упражнения и различные формы подвижной активности могут быть важным терапевтическим средством для улучшения функционирования мозга, развития социализации, оказывают анксиолитическое действие (снижение тревожности) [57]. Возможные механизмы включают повышение уровня эндорфинов и эндоканнабиноидов, отвлечение внимания, улучшение регуляции эмоций, облегчение физических симптомов стресса и стереотипного поведения. Кроме того, мышечная активность, посредством высвобождения миокинов (например, иризина), способна запускать аутофагию в мозге, усиливая нейропластичность и синаптический прунинг, дефицит которого показан при РАС [58].

Особенности обучения нейроотличных детей в школе

Считается, что только в процессе инклюзивного образования дети с нейротличиями

могут приобрести модели поведения, свойственные нейротипичным сверстникам [59], и лишь в наиболее тяжелых случаях требуется обучение в специализированных учреждениях или домашняя форма обучения. Несмотря на достаточно скромные показатели официальной статистики, по некоторым данным до 40 % детей обладают некоторыми симптомами СДВГ, а среди не успевающих по школьным предметам их доля достигает 80 % [10]. Это означает, что учащиеся, которых учителя призывают к дисциплине, усидчивости, внимательности, обладают особенностями развития мозга, не соответствующими предъявляемым к ним требованиям.

Следует помнить, что любые формы поведения, в том числе и негативные, представляют собой не результат отсутствия воспитания или умышленного намерения, а попытку коммуникации у детей с нейроразличиями на фоне функциональных нарушений и трудностей в социальной сфере. Даже представляя, как нужно себя вести, ребенок не знает, как это осуществить, так как не может справиться со своим расстройством. Наличие сенситивных периодов в обучении часто приводит к несоответствию сформированности психических процессов биологическому возрасту. Считается, что в случае СДВГ эта разница составляет около 30 %, т. е. уровень внимания и самоконтроля 9-летнего ребенка примерно соответствует норме для 6-летнего. Одной из важных ступеней при создании условий для динамических изменений психолого-педагогического развития детей с нейроразличиями является индивидуальный образовательный маршрут, подбор оптимальных методов и форм работы в каждом конкретном случае [60].

Поскольку у нейроразличных детей проявляются расстройства исполнительной функ-

ции (сложности выполнения поставленных задач), важно использовать приемы работы, направленные на создание внешней мотивации и внешнего контроля над деятельностью. Затем постепенно формируется внутренняя мотивация, а также способы и навыки самоконтроля (путем предоставления осмысленного выбора, поощрения саморегуляции и самооценки). Так, можно использовать систему «сигналов», заранее оговоренных с ребенком, в случаях, когда он отвлекся, особый жест рукой, легкое похлопывание по руке или плечу. Взаимодействие с ребенком требует фиксации его внимания как на вербальном, так и на невербальном уровнях, установление эмоционального контакта. Эффективны различные способы самонапоминания, например, таймер, песочные часы, наклеивание цветного стикера, пиктограммы («будь внимателен», «работай» и т. п.). Полезно создание визуального расписания, которое облегчает переход от одной деятельности к другой, развивает саморегуляцию, навыки проведения досуга, дает подсказки без участия взрослого, снижает неконтролируемое «свободное время». Учитель может применять методы, адресованные всем ученикам, например, если в классе слишком шумно, включить и выключить свет, использовать определенный звуковой сигнал (колокольчик, игрушечный клаксон).

Крайне важна организация пространства в классе: наиболее подходящим является место перед учителем, в некоторых случаях необходима отдельная парта. Снизить количество отвлекающих стимулов можно, окружив нейроразличного ребенка учащимися с хорошей успеваемостью и стабильным поведением.

Успешная работа преподавателя предполагает тщательное планирование урока, предоставление ребенку информации о том, что необходимо для выполнения того или

иною задания. Указания должны быть краткими и конкретными, инструкция для цепочки действий не должна содержать более двух шагов. Для этого важно осуществлять разделение заданий, которые даются ребенку, на несколько этапов. Лучше усваиваются задания в картинках, с дополнительными иллюстрациями, в виде карточек и схем. Необходимо четко формулировать цель достижения того или иного навыка и не отступать до тех пор, пока он не будет сформирован. При постановке задания необходимо его озвучить, повторить, слегка перефразировав, написать на доске, добавить схему или рисунок, попросить ребенка повторить сказанное педагогом или показать свое понимание.

Рекомендуется создавать цикличность в предоставлении нового учебного материала, задать один алгоритм для всех заданий на уроке, постоянно делать отсылки к основной теме, создавать опорные точки, к которым можно вернуться после отвлечения. Постоянное повторение и опора на уже пройденный материал делает обучение более доступным и эффективным.

При использовании принципа мультимодальности обязательно включение и активизация всех видов памяти – зрительной, слуховой, моторной. Важна живая, яркая манера повествования, наглядные средства, визуальные образы, интерактивные материалы.

Учитывая проблемы с внутренней мотивацией, актуально использование внешних мотивов: похвала за степень усилия, а не за результат, использование таких средств геймификации, как система наклеек, жетонов, накопление определенного количества которых соответствует отличной отметке, и т. п. Возможно предоставление определенных льгот: увеличение времени на выполнение заданий, разрешение отдохнуть, встать, прой-

тись к окну. Нежелательно заставлять нейротипичных детей отвечать перед классом на вопросы, требующие долгого ответа, особенно если у них возникли затруднения.

Сложности у педагогов некоторых предметов (труд, музыка, физкультура и т. д.) обнаруживаются в силу ограниченности их временных контактов, меньшей структурированности и большего разнообразия форм взаимодействия. В то же время некоторые нейротипичные дети могут проявлять особые способности именно в практических навыках рутинной работы (конструирование, изготовление чего-либо), музыке, спорте. На этом пути важно применение принципа самовыражения, предполагающего альтернативные методы приобретения учащимися знаний и навыков, использования гибких подходов с учетом индивидуальных особенностей ребенка, таких как регулирование скорости выполнения заданий, внедрение альтернативных образовательных стратегий (устные презентации, индивидуальные проекты, творческая активность) [13].

Актуален вопрос побуждения нейротипичных детей к общению, групповой работе, взаимопомощи. Этот процесс оказывается постепенным, через кратковременные взаимодействия в парах и малых группах. Приобретение социально значимых компетенций реализуется через создание ситуаций, в которых ребенок будет оказывать помощь другим, например, может прочитать задание.

Психомоторное, телесное, деятельностьное развитие осуществляется через движения и физическую активность. «Физической отдушной» может быть мягкий молоточек, которым ребенок бесшумно постукивает по столу, резиновый мячик или игрушка-«антистресс». Для ребенка с СДВГ, нуждающегося в повышенной физической активности, необходимо

учитывать изменение его положения в классной комнате. Можно направить желание двигаться в нужное русло: попросить стереть с доски, раздать карточки, тетради⁴. Использование игровых технологий вне зависимости от возраста, постоянное чередование видов деятельности, переход от игровой к учебной деятельности предотвращают утомляемость на уроке⁵. С этой целью используются игры, направленные на коррекцию и развитие коммуникативных навыков, эмоционально-волевой сферы, произвольного внимания и памяти, психомоторной и сенсорноперцептивных процессов.

Многие нейротипичные дети обладают творческими способностями, создают уникальные тексты, рисунки, проявляют склонность к танцам и музыке. Целесообразно давать им на занятиях некий простор для реализации, помочь выявить и развить способности и таланты. Обладая такими потенциальными преимуществами, как активность, жизнерадостность и оптимизм, острый ум и находчивость, чувство юмора, они страдают от того, что не могут до конца реализовать свой потенциал, отвергаются сверстниками, становятся обузой для преподавателей.

Возможна частичная (дозированная) передача знаний о нейротипичных состояниях, что уместно осуществлять при изучении биологии. Это позволит учащемуся понять проблемы, с которыми он сталкивается в процессе

получения знаний, и лучше с ними справляться. Важно создание условий для осмысления используемых способов успешного выполнения учебных действий (рефлексия), своего стиля усвоения материала, для перехода к самоконтролю и управлению собственной деятельностью⁶.

Заключение

Результаты исследования демонстрируют крайнюю многогранность и индивидуальность проявлений РАС и СДВГ. Однако при всем разнообразии симптомов подавляющее большинство детей, подверженных данным нарушениям, испытывают сложности с обучением и социализацией. Кроме того, обнаруживаются сложности с диагностированием, приводящие к достаточно высокому числу лиц, не получающих необходимую психолого-педагогическую и медицинскую поддержку. В исследованиях, посвященных анатомии и функционированию мозга нейротипичных людей, выявлены наиболее ключевые характеристики: признаки нейровоспаления, отличное от нормы соотношение объемов различных участков мозга, нарушения в активности сетей передачи импульсов и коннектома в целом.

Несмотря на попытки поиска лекарственных средств для терапии РАС и СДВГ, применение специальных диет, транскраниальной стимуляции и других экспериментальных методов, наиболее эффективными оказы-

трудностей обучения и воспитания детей с СДВГ в условиях российского образовательного пространства // Этнокультурное образование в современном мире: Сборник научных статей по материалам Всероссийской очно-заочной научно-методической конференции, Саратов, 18–20 апреля 2017 г. – Саратов: Изд-во «Перо». – 2017. – С. 864–870. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32321139>

⁴ Чижова Е. В. Рекомендации для эффективного взаимодействия учителей с детьми, страдающие синдромом дефицита внимания и гиперактивностью // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – Вып. 3–2. – С. 57.

⁵ Алшынкева Г. К., Еркинова А. Е. Инновационные технологии обучения детей с аутизмом // Научный альманах. – 2022. – Вып. 8–1. – С. 8.

⁶ Щетинина Е. Б., Устинова Т. Н. Психолого-педагогический этнокультурный потенциал в преодолении

ваются коррекционные психосоциальные технологии, в том числе с использованием игровых практик, когнитивных тренингов, физической активности. Ведущее значение для нейроразличного ребенка в процессе школьного обучения имеет осмысленность деятельности, использование его личного опыта, включение важных, понятных и значимых событий.

Создавая условия для максимального развития и социальной адаптации людей с

РАС и СДВГ, государство может получить в результате высокоэффективных граждан, способных приносить пользу своей стране. При отсутствии таких условий нейроразличные люди оказываются в социальной изоляции и тогда на плечи общества ложится забота о них. Реабилитация и интеграция в социум нейроразличных детей – основной и практически единственный способ решения данной проблемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shuid A. N., Jayusman P. A., Shuid N., Ismail J., Kamal Nor N., Mohamed I. N. Association between Viral Infections and Risk of Autistic Disorder: An Overview // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2021. – Vol. 18. – P. 2817. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18062817>
2. Waldren L. H., Leung F. Y. N., Hargitai L. D., Burgoyne A. P., Licalde V. R. T. Livingston L. A., Shah P. Unpacking the overlap between Autism and ADHD in adults: A multi-method approach // *Cortex: a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*. – 2024. – Vol. 173. – P. 120–137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.12.016>
3. Корнев А. Н. Диагноз или метафора: метаморфозы концепции раннего детского аутизма в психиатрии и клинической психологии // *Аутизм и нарушения развития*. – 2023. – Т. 21, № 4. – С. 34–42. DOI: <https://doi.org/10.17759/autdd.2023210404> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59985762>
4. Pluck G. The Misguided Veneration of Averageness in Clinical Neuroscience: A Call to Value Diversity over Typicality // *Brain sciences*. – 2023. – Vol. 13 (6). – P. 860. DOI: <https://doi.org/10.3390/brainsci13060860>
5. Lyall K., Ames J. L., Pearl M., Traglia M., Weiss L. A., Windham G. C., Kharrazi M., Yoshida C. K., Yolken R., Volk H. E., Ashwood P., Van de Water J., Croen L. A. A profile and review of findings from the Early Markers for Autism study: unique contributions from a population-based case-control study in California // *Molecular Autism*. – 2021. – Vol. 12 (1). – P. 24. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s13229-021-00429-7>
6. Drechsler R., Brem S., Brandeis D., Grünblatt E., Berger G., Walitza S. ADHD: Current Concepts and Treatments in Children and Adolescents // *Neuropediatrics*. – 2020. – Vol. 51 (5). – P. 315–335. DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0040-1701658>
7. Kim Y. S., Leventhal B. L., Koh Y. J., Fombonne E., Laska E., Lim E. C., Cheon K. A., Kim S. J., Kim Y. K., Lee H., Song D. H., Grinker R. R. Prevalence of autism spectrum disorders in a total population sample // *American Journal of Psychiatry*. – 2011. – Vol. 168 (9). – P. 904–912. DOI: <http://dx.doi.org/10.1176/appi.ajp.2011.10101532>
8. Shaw K. A., Maenner M. J., Bakian A. V., Bilder D. A., Durkin M. S., Furnier S. M., Hughes M. M., Patrick M., Pierce K., Salinas A., Shenouda J., Vehorn A., Warren Z., Zahorodny W., Constantino J. N., DiRienzo M., Esler A., Fitzgerald R. T., Grzybowski A., ... Cogswell M. E. Early Identification of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 4 Years - Autism and



- Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2018 // Morbidity and mortality weekly report. Surveillance summaries. – 2021. – Vol. 70 (10). – P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.15585/mmwr.ss7010a1>
9. Горина А. С., Колесниченко Л. С., Бормотова Н. Н. Содержание аминокислот и нейромедиаторов в сыворотке крови детей с синдромом дефицита внимания / гиперактивности // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2012. – Т. 109, № 2. – С. 82–84. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17720977>
 10. Чурило Н. В. Психологические особенности детей с различным типом синдрома дефицита внимания с гиперактивностью // Вестник Белорусского государственного педагогического университета. Серия 1. Педагогика. Психология. Филология. – 2018. – № 2(96). – С. 51–58. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37116097>
 11. Хаустов А. В., Шумских М. А. Динамика в развитии системы образования детей с расстройствами аутистического спектра в России: результаты Всероссийского мониторинга 2021 года // Аутизм и нарушения развития. – 2022. – Т. 20, № S3. – С. 6–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.17759/autdd.2022200301> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50198420>
 12. Макушкин Е. В., Макаров И. В., Пашковский В. Э. Распространенность аутизма: подлинная и мнимая // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2019. – Т. 119, № 2. – С. 80–86. DOI: <http://dx.doi.org/10.17116/jnevro201911902180> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37133540>
 13. Frolli A., Cerciello F., Esposito C., Ricci M. C., Laccone R. P., Bisogni F. Universal Design for Learning for Children with ADHD // Children (Basel). – 2023. – Vol. 10 (8). – P. 1350. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/children10081350>
 14. Demontis D., Walters R. K., Martin J., Mattheisen M., Als T. D., Agerbo E., Baldursson G., Belliveau R., Bybjerg-Grauholm J., Bækvad-Hansen M., Cerrato F., Chambert K., Churchhouse C., Dumont A., Eriksson N., Gandal M., Goldstein J. I., ... Grasby K. L. Discovery of the first genome-wide significant risk loci for attention deficit/hyperactivity disorder // Nature Genetics. – 2019. – Vol. 51 (1). – P. 63–75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41588-018-0269-7>
 15. Polderman T., Hoekstra R., Posthuma D., Larsson H. The co-occurrence of autistic and ADHD dimensions in adults: an etiological study in 17 770 twins // Translational psychiatry. – 2014. – Vol. 4 (9). – P. e435. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/tp.2014.84>
 16. Mansour R., Dovi A. T., Lane D. M., Loveland K. A., Pearson D. A. ADHD severity as it relates to comorbid psychiatric symptomatology in children with Autism Spectrum Disorders (ASD) // Research In Developmental Disabilities. – 2017. – Vol. 60. – P. 52–64. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2016.11.009>
 17. Мустафин Р. Н., Еникеева Р. Ф., Малых С. Б., Валинуров Р. Г., Хуснутдинова Э. К. Генетика синдрома дефицита внимания и гиперактивности. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2018. – Т. 118, № 9. – С. 106–110. DOI: <https://doi.org/10.17116/jnevro2018118091106> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36313775>
 18. Lai M. C., Lombardo M. V., Baron-Cohen S. Autism // Lancet. – 2014. – Vol. 383 (9920). – P. 896–910. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61539-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61539-1)
 19. James I. Singular scientists // Journal of the Royal Society of Medicine. – 2003. – Vol. 96 (1). – P. 36–39. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/014107680309600112>
 20. Cortese S., Coghill D. Twenty years of research on attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): looking back, looking forward // Evidence-Based Mental Health. – 2018. – Vol. 21 (4). – P. 173–176. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/ebmental-2018-300050>



21. Sadeghi S., Schmidt S. N. L., Mier D., Hass J. Effective connectivity of the human mirror neuron system during social cognition // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. – 2022. – Vol. 17 (8). – P. 732–743. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/scan/nsab138>
22. Banker S. M., Gu X., Schiller D., Foss-Feig J. H. Hippocampal contributions to social and cognitive deficits in autism spectrum disorder // *Trends in Neurosciences*. – 2021. – Vol. 44 (10). – P. 793–807. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tins.2021.08.005>
23. Hoogman M., van Rooij D., Klein M., Boedhoe P., Ilioska I., Li T., Patel Y., Postema M. C., Zhang-James Y., Anagnostou E., Arango C., Auzias G., Banaschewski T., Bau C. H. D., Behrmann M., Bellgrove M. A., Brandeis D., Brem S., Busatto G. F., ... Franke B. Consortium neuroscience of attention deficit/hyperactivity disorder and autism spectrum disorder: The ENIGMA adventure // *Human Brain Mapping*. – 2022. – Vol. 43 (1). – P. 37–55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.25029>
24. Al-Beltagi M., Saeed N. K., Elbeltagi R., Bediwy A. S., Aftab S. A. S., Alhawamdeh R. Viruses and autism: A Bi-mutual cause and effect // *World Journal of Virology*. – 2023. – Vol. 12 (3). – P. 172–192. DOI: <https://dx.doi.org/10.5501/wjv.v12.i3.172>
25. Sudre G., Choudhuri S., Szekely E., Bonner T., Goduni E., Sharp W., Shaw P. Estimating the Heritability of Structural and Functional Brain Connectivity in Families Affected by Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder // *JAMA Psychiatry*. – 2017. – Vol. 74 (1). – P. 76–84. DOI: <http://dx.doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2016.3072>
26. Jayanti S., Dalla Verde C., Tiribelli C., Gazzin S. Inflammation, Dopaminergic Brain and Bilirubin // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2023. – Vol. 24 (14). – P. 11478. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms241411478>
27. Kohls G., Antezana L., Mosner M. G., Schultz R. T., Yerys B. E. Altered reward system reactivity for personalized circumscribed interests in autism // *Molecular Autism*. – 2018. – Vol. 9 (1). DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s13229-018-0195-7>
28. Supekar K., Kochalka J., Schaer M., Wakeman H., Qin S., Padmanabhan A., Menon V. Deficits in mesolimbic reward pathway underlie social interaction impairments in children with autism // *Brain*. – 2018. – Vol. 141 (9). – P. 2795–2805. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/brain/awy191>
29. Marotta R., Risoleo M. C., Messina G., Parisi L., Carotenuto M., Vetri L., Roccella M. The Neurochemistry of Autism // *Brain Sciences*. – 2020. – Vol. 10 (3). – P. 163. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/brainsci10030163>
30. Padmanabhan A., Lynch C. J., Schaer M., Menon V. The Default Mode Network in Autism // *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*. – 2017. – Vol. 2 (6). – P. 476–486. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpsc.2017.04.004>
31. Hogeveen J., Krug M. K., Geddert R. M., Ragland J. D., Solomon M. Compensatory Hippocampal Recruitment Supports Preserved Episodic Memory in Autism Spectrum Disorder // *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*. – 2020. – Vol. 5 (1). – P. 97–109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpsc.2019.08.009>
32. Xu L., Zheng X., Yao S., Li J., Fu M., Li K., Zhao W., Li H., Becker B., Kendrick K. M. The mirror neuron system compensates for amygdala dysfunction - associated social deficits in individuals with higher autistic traits // *Neuroimage*. – 2022. – Vol. 251. – P. 119010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.119010>
33. Watanabe D., Watanabe T. Distinct Frontoparietal Brain Dynamics Underlying the Co-Occurrence of Autism and ADHD // *eNeuro*. – 2023. – Vol. 10 (7). DOI: <http://dx.doi.org/10.1523/ENEURO.0146-23.2023>



34. Шпицберг И. Л. Коррекция нарушений развития сенсорных систем у детей с расстройствами аутистического спектра // Аутизм и нарушения развития. – 2013. – Т. 11, № 2. – С. 33–44. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22621220>
35. Abomelha F. M., AlDhalaan H., Ghaziuddin M., Al-Tassan N. A., Al-Mubarak B. R. Autism and ADHD in the Era of Big Data; An Overview of Digital Resources for Patient, Genetic and Clinical Trials Information // Genes (Basel). – 2022. – Vol. 13 (9). – P. 1551. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/genes13091551>
36. da Silva B. S., Grevet E. H., Silva L. C. F., Ramos J. K. N., Rovaris D. L., Bau C. H. D. An overview on neurobiology and therapeutics of attention-deficit/hyperactivity disorder // Discover Mental Health. – 2023. – Vol. 3 (1). – P. 2. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s44192-022-00030-1>
37. Wei J., Zheng H., Li G., Chen Z., Fang G., Yan J. Involvement of oxytocin receptor deficiency in psychiatric disorders and behavioral abnormalities // Frontiers in Cellular Neuroscience. – 2023. – Vol. 17. – P. 1164796. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fncel.2023.1164796>
38. Masi G., Fantozzi P., Villafranca A., Tacchi A., Ricci F., Ruglioni L., Inguaggiato E., Pfanner C., Cortese S. Effects of melatonin in children with attention-deficit/hyperactivity disorder with sleep disorders after methylphenidate treatment // Neuropsychiatric Disease and Treatment. – 2019. – Vol. 15. – P. 663–667. DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/NDT.S193891>
39. Dobrovolsky A. P., Gedzun V. R., Bogin V. I., Ma D., Ichim T. E., Sukhanova I. A., Malyshev A. V., Dubynin V. A. Beneficial effects of xenon inhalation on behavioral changes in a valproic acid-induced model of autism in rats // Journal of Translational Medicine. – 2019. – Vol. 17 (1). – P. 400. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12967-019-02161-6> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43215044>
40. Han V. X., Patel S., Jones H. F., Dale R. C. Maternal immune activation and neuroinflammation in human neurodevelopmental disorders // Nature Reviews Neurology. – 2021. – Vol. 17. – P. 564–579. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41582-021-00530-8>
41. Gan J., Galer P., Ma D., Chen C., Xiong T. The Effect of Vitamin D Supplementation on Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials // Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology. – 2019. – Vol. 29(9). – P. 670–687. DOI: <http://dx.doi.org/10.1089/cap.2019.0059>
42. Sharif M. R., Madani M., Tabatabaei F., Tabatabae Z. The Relationship between Serum Vitamin D Level and Attention Deficit Hyperactivity Disorder // Iranian Journal of Child Neurology. – 2015. – Vol. 9 (4). – P. 48–53. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4670977>
43. Verlaet A. A. J., Maasackers C. M., Hermans N., Savelkoul H. F. J. Rationale for Dietary Antioxidant Treatment of ADHD // Nutrients. – 2018. – Vol. 10 (4). – P. 405. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/nu10040405>
44. Majhi S., Kumar S., Singh L. A Review on Autism Spectrum Disorder: Pathogenesis, Biomarkers, Pharmacological and Non-Pharmacological Interventions // CNS & Neurological Disorders Drug Targets. – 2023. – Vol. 22 (5). – P. 659–677. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1871527321666220428134802>
45. Genovese A., Butler M. G. The Autism Spectrum: Behavioral, Psychiatric and Genetic Associations // Genes. – 2023. – Vol. 14 (3). – P. 677. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/genes14030677>
46. Морозова Е. А., Белоусова М. В., Гомзина Е. Г., Уткузова М. А. Микробиотические и нутрициологические паттерны формирования когнитивных и поведенческих функций ребенка // Практическая медицина. – 2021. – Т. 19, № 5. – С. 32–36. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47416307>



47. Bicknell B., Liebert A., Borody T., Herkes G., McLachlan C., Kiat H. Neurodegenerative and Neurodevelopmental Diseases and the Gut-Brain Axis: The Potential of Therapeutic Targeting of the Microbiome // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2023. – Vol. 24 (11). – P. 9577. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms24119577>
48. Gonçalves C. L., Doifode T., Rezende V. L., Costa M. A., Rhoads J. M., Soutullo C. A. The many faces of microbiota-gut-brain axis in autism spectrum disorder // *Life sciences*. – 2024. – Vol. 337. – P. 122357. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lfs.2023.122357>
49. Salehinejad M. A., Ghanavati E., Glinski B., Hallajian A. H., Azarkolah A. A systematic review of randomized controlled trials on efficacy and safety of transcranial direct current stimulation in major neurodevelopmental disorders: ADHD, autism, and dyslexia // *Brain and Behavior*. – 2022. – Vol. 12 (9). – P. e2724. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/brb3.2724>
50. Боголюбова-Кузнецова Д. В. Theraplay в работе с ребенком с РАС // *Аутизм и нарушения развития*. – 2019. – Т. 17, № 4. – С. 21–28. – DOI: <https://doi.org/10.17759/autdd.2019170403> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41803573>
51. Старикова О. В., Дворянинова В. В., Баландина О. В. Применение программы ранней помощи на основе Денверской модели раннего вмешательства для детей с РАС // *Аутизм и нарушения развития*. – 2022. – Т. 20, № 1. – С. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.17759/autdd.2022200104> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49879053>
52. Dubois-Sage M., Jacquet B., Jamet F., Baratgin J. People with Autism Spectrum Disorder Could Interact More Easily with a Robot than with a Human: Reasons and Limits // *Behavioral sciences (Basel, Switzerland)*. – 2024. – Vol. 14 (2). – P. 131. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/bs14020131>
53. Lo A., Lowery L. A., Kuhlthau K., Parker R. A., Chan J., Haddad F., Radom-Aizik S., Gehricke J. G. Effects of physical exercise, LEGO, and Minecraft activities on anxiety in underserved children with autism: Study design and methodological strategies // *MethodsX*. – 2023. – Vol. 11. – P. 102332. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mex.2023.102332>
54. Варламов А. А., Скороходов И. В., Шпицберг И. Л. Фольклорные игровые формы в работе с детьми с расстройствами аутистического спектра и нарушениями социального развития: современная практика и перспективы // *Вестник психофизиологии*. – 2022. – № 4. – С. 18–30. DOI: <http://dx.doi.org/10.34985/o2044-4946-4502-1> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50315260>
55. Muris P., Roodenrijs D., Kelgtermans L., Sliwinski S., Berlage U., Baillieux H., Deckers A., Gunther M., Paanakker B., Holterman I. No Medication for My Child! A Naturalistic Study on the Treatment Preferences for and Effects of Cogmed Working Memory Training Versus Psychostimulant Medication in Clinically Referred Youth with ADHD // *Child Psychiatry & Human Development*. – 2018. – Vol. 49 (6). – P. 974–992. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10578-018-0812-x>
56. Mechler K., Banaschewski T., Hohmann S., Häge A. Evidence-based pharmacological treatment options for ADHD in children and adolescents // *Pharmacology & Therapeutics*. – 2022. – Vol. 230. – P. 107940. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pharmthera.2021.107940>
57. Zhu F., Zhu X., Bi X., Kuang D., Liu B., Zhou J., Yang Y., Ren Y. Comparative effectiveness of various physical exercise interventions on executive functions and related symptoms in children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder: A systematic review and network meta-analysis // *Frontiers in public health*. – 2023. – Vol. 11. – P. 1133727. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1133727>
58. Abdulghani A., Poghosyan M., Mehren A., Philipsen A., Anderzhanova E. Neuroplasticity to autophagy cross-talk in a therapeutic effect of physical exercises and irisin in ADHD // *Frontiers in*



- Molecular Neuroscience. – 2023. – Vol. 15. – P. 997054. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnmol.2022.997054>
59. Касенова Г. Т., Садуакасова К. З., Исаева Р. Б. Дайджест основных положений учения об аутизме // Наука и здравоохранение. – 2021. – Т. 23, № 5. – С. 194–202. DOI: <http://dx.doi.org/10.34689/SH.2021.23.5.021> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49872643>
60. Валиуллина Г. В. Готовность учителя к профилактике и коррекции эмоциональных нарушений у младших школьников с синдромом дефицита внимания и гиперактивности // Образование и наука. – 2023. – Т. 25, № 8. – С. 186–219. DOI: <http://dx.doi.org/10.17853/1994-5639-2023-8-186-219> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54664266>

Поступила: 15 апреля 2024

Принята: 10 мая 2024

Опубликована: 30 июня 2024

Заявленный вклад авторов:

Вклад соавторов в сбор эмпирического материала представленного исследования, обработку данных и написание текста статьи равнозначный.

Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов:

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи

Информация об авторах

Хаустов Сергей Анатольевич

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник,
научно-образовательный центр в г. Пущино,
Государственный университет просвещения,
ул. Веры Волошиной, д. 24, 141014, Московская область, г. Мытищи,
Россия.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9286-3644>
E-mail: sa.khaustov@guppros.ru

Дубынин Вячеслав Альбертович

доктор биологических наук, профессор,
Кафедра физиологии человека и животных,
биологический факультет,
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
ул. Ленинские Горы, д. 1, 119234, Москва, Россия.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6436-5004>
E-mail: dva-msu@yandex.ru



Characteristic features of brain development and remedial methods for autism spectrum disorders and attention deficit hyperactivity disorder: Review of current research

Sergei A. Khaustov  ^{1,2}, Vyacheslav A. Dubynin¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

² Federal State University of Education, Mytishchi, Russian Federation

Abstract

Introduction. Deep understanding of neurobiological processes in normal and abnormal children is crucially important for developing remedial procedures for mental development disorders and using inclusive learning methods.

The purpose of this article is to summarize modern and most relevant information about the brain structure and functioning features in connection with disorders of neural structures, pathways and networks, as well as psychosocial and educational remedial methods for children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and autism spectrum disorders (ASD).

Materials and Methods. The work is based on a comprehensive experimental research results analysis in the field of cognitive sciences and related areas affecting the issues of neurodivergent states. Research articles published between 2003 and 2024, mainly between 2021 and 2024, were used as materials.

Results. Within the framework of this study, the authors identified key common and distinctive features of pathogenesis, epidemiology, and the neurobiological foundations of the ASD and ADHD development. Examples of disorders observed at the level of brain anatomical structures and functioning of individual neural networks are demonstrated. The spread of a symptomatic manifestations variety, concomitant disorders (comorbidity), the difficulty in differentiating the concepts of norm and pathology in a wide range of neurodivergent conditions are emphasized. Summarizing the data on various methods of therapy and treatment, the authors justified the key role of psychosocial adaptation within the framework of school education, which requires teachers' understanding the peculiarities of mental development and techniques for interacting with neurodivergent children. Transmission of carefully selected information about the peculiarities of mental development to children seems to be relevant in order to help them understand their own problems and find solutions to them. These topics can be integrated into the biology course given by appropriately prepared teachers.

For citation

Khaustov S. A., Dubynin V. A. Characteristic features of brain development and remedial methods for autism spectrum disorders and attention deficit hyperactivity disorder: Review of current research. *Science for Education Today*, 2024, vol. 14 (3), pp. 154–181. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2403.08>

  Corresponding Author: Sergei A. Khaustov, sa.khaustov@guppros.ru

© Sergei A. Khaustov, Vyacheslav A. Dubynin, 2024

Conclusions. *Rehabilitation and integration into society of children with ASD and ADHD is the main and practically the only way to solve the problem, requiring an understanding of the neurodevelopment peculiarities, conscious and tolerant attitude on the part of teachers, psychologists, parents and peers.*

The article is addressed to specialists in the field of psychology, special and inclusive education, pediatricians, educators, teachers, parents.

Keywords

Autism spectrum disorders; Attention deficit disorder; Hyperactivity disorder; Mental development disorders; Neurodivergent children; Neural structures; Comorbidity; Psychosocial correction; Inclusive learning.

REFERENCES

1. Shuid A. N., Jayusman P. A., Shuid N., Ismail J., Kamal Nor N., Mohamed I. N. Association between Viral Infections and Risk of Autistic Disorder: An Overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, vol. 18, pp. 2817. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18062817>
2. Waldren L. H., Leung F. Y. N., Hargitai L. D., Burgoyne A. P., Licalalde V. R. T., Livingston L. A., Shah P. Unpacking the overlap between Autism and ADHD in adults: A multi-method approach. *Cortex: a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 2024, vol. 173, pp. 120–137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.12.016>
3. Kornev A. N. Diagnosis or Metaphor: Metamorphosis of the Infantile Autism Concept in a Psychiatry and Clinical Psychology. Overview. *Autism and Developmental Disorders*, 2023, vol. 21 (4), pp. 34–42. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59985762>
4. Pluck G. The Misguided Veneration of Averageness in Clinical Neuroscience: A Call to Value Diversity over Typicality. *Brain Sciences*, 2023, vol. 13 (6), pp. 860. DOI: <https://doi.org/10.3390/brainsci13060860>
5. Lyall K., Ames J. L., Pearl M., Traglia M., Weiss L. A., Windham G. C., Kharrazi M., Yoshida C. K., Yolken R., Volk H. E., Ashwood P., Van de Water J., Croen L. A. A profile and review of findings from the Early Markers for Autism study: unique contributions from a population-based case-control study in California. *Molecular Autism*, 2021, vol. 12 (1), pp. 24. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s13229-021-00429-7>
6. Drechsler R., Brem S., Brandeis D., Grünblatt E., Berger G., Walitza S. ADHD: Current Concepts and Treatments in Children and Adolescents. *Neuropediatrics*, 2020, vol. 51 (5), pp. 315–335. DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0040-1701658>
7. Kim Y. S., Leventhal B. L., Koh Y. J., Fombonne E., Laska E., Lim E. C., Cheon K. A., Kim S. J., Kim Y. K., Lee H., Song D. H., Grinker R. R. Prevalence of autism spectrum disorders in a total population sample. *American Journal of Psychiatry*, 2011, vol. 168 (9), pp. 904–912. DOI: <http://dx.doi.org/10.1176/appi.ajp.2011.10101532>
8. Shaw K. A., Maenner M. J., Bakian A. V., Bilder D. A., Durkin M. S., Furnier S. M., Hughes M. M., Patrick M., Pierce K., Salinas A., Shenouda J., Vehorn A., Warren Z., Zahorodny W., Constantino J. N., DiRienzo M., Esler A., Fitzgerald R. T., Grzybowski A., ... Cogswell M. E. Early Identification of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 4 Years - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2018. *Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries*, 2021, vol. 70 (10), pp. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.15585/mmwr.ss7010a1>



9. Gorina A. S., Kolesnichenko L. S., Bormotova N. N. Concentration of aminoacids and neuromediators in serum of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*, 2012, vol. 109 (2), pp. 82–84. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17720977>
10. Churilo N. V. Psychological features of children with various types of attention deficit hyperactivity disorder. *Bulletin of the Belarusian State Pedagogical University. Series 1. Pedagogy. Psychology. Philology*, 2018, no. 2, pp. 51–58. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37116097>
11. Khaustov A. V., Schumskih M. A. Dynamics in the Development of the Education System for Children with Autism Spectrum Disorders in Russia: Results of the 2021 National Monitoring. *Autism and Developmental Disorders*, 2022, vol. 20 (3), pp. 6–14. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50198420>
12. Makushkin E. V., Makarov I. V., Pashkovskiy V. E. The prevalence of autism: genuine and imaginary. *Zhurnal Nevrologii i Psikhatrii imeni S.S. Korsakova*, 2019, vol. 119 (2), pp. 80–86. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.17116/jnevro201911902180> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37133540>
13. Frolli A., Cerciello F., Esposito C., Ricci M. C., Laccone R. P., Bisogni F. Universal Design for Learning for Children with ADHD. *Children (Basel)*, 2023, vol. 10 (8), pp. 1350. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/children10081350>
14. Demontis D., Walters R. K., Martin J., Mattheisen M., Als T. D., Agerbo E., Baldursson G., Belliveau R., Bybjerg-Grauholm J., Bækvad-Hansen M., Cerrato F., Chambert K., Churchhouse C., Dumont A., Eriksson N., Gandal M., Goldstein J. I., ... Grasby K. L. Discovery of the first genome-wide significant risk loci for attention deficit/hyperactivity disorder. *Nature Genetics*, 2019, vol. 51 (1), pp. 63–75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41588-018-0269-7>
15. Polderman T., Hoekstra R., Posthuma D., Larsson H. The co-occurrence of autistic and ADHD dimensions in adults: an etiological study in 17 770 twins. *Translational Psychiatry*, 2014, vol. 4 (9), pp. e435. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/tp.2014.84>
16. Mansour R., Dovi A. T., Lane D. M., Loveland K. A., Pearson D. A. ADHD severity as it relates to comorbid psychiatric symptomatology in children with Autism Spectrum Disorders (ASD). *Research in Developmental Disabilities*, 2017, vol. 60, pp. 52–64. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2016.11.009>
17. Mustafin R. N., Enikeeva R. F., Malykh S. B., Valinurov R. G., Khusnutdinova K. Genetics and epigenetics of attention deficit hyperactivity disorder. *Zhurnal Nevrologii i Psikhatrii imeni S. S. Korsakova*, 2018, vol. 118 (9), pp. 106–110. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.17116/jnevro2018118091106> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36313775>
18. Lai M. C., Lombardo M. V., Baron-Cohen S. Autism. *The Lancet*, 2014, vol. 383 (9920), pp. 896–910. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61539-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61539-1)
19. James I. Singular scientists. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 2003, vol. 96 (1), pp. 36–39. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/014107680309600112>
20. Cortese S., Coghill D. Twenty years of research on attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): looking back, looking forward. *Evidence-Based Mental Health*, 2018, vol. 21 (4), p. 173–176. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/ebmental-2018-300050>
21. Sadeghi S., Schmidt S. N. L., Mier D., Hass J. Effective connectivity of the human mirror neuron system during social cognition. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2022, vol. 17 (8), pp. 732–743. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/scan/nsab138>



22. Banker S. M., Gu X., Schiller D., Foss-Feig J. H. Hippocampal contributions to social and cognitive deficits in autism spectrum disorder. *Trends in Neurosciences*, 2021, vol. 44 (10), pp. 793–807. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tins.2021.08.005>
23. Hoogman M., van Rooij D., Klein M., Boedhoe P., Ilioska I., Li T., Patel Y., Postema M. C., Zhang-James Y., Anagnostou E., Arango C., Auzias G., Banaschewski T., Bau C. H. D., Behrmann M., Bellgrove M. A., Brandeis D., Brem S., Busatto G. F., ... Franke B. Consortium neuroscience of attention deficit/hyperactivity disorder and autism spectrum disorder: The ENIGMA adventure. *Human Brain Mapping*, 2022, vol. 43 (1), pp. 37–55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.25029>
24. Al-Beltagi M., Saeed N. K., Elbeltagi R., Bediwy A. S., Aftab S. A. S., Alhawamdeh R. Viruses and autism: A Bi-mutual cause and effect. *World Journal of Virology*, 2023, vol. 12 (3), pp. 172–192. DOI: <https://dx.doi.org/10.5501/wjv.v12.i3.172>
25. Sudre G., Choudhuri S., Szekely E., Bonner T., Goduni E., Sharp W., Shaw P. Estimating the Heritability of Structural and Functional Brain Connectivity in Families Affected by Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *JAMA Psychiatry*, 2017, vol. 74 (1), pp. 76–84. DOI: <http://dx.doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2016.3072>
26. Jayanti S., Dalla Verde C., Tiribelli C., Gazzin S. Inflammation, Dopaminergic Brain and Bilirubin. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, vol. 24 (14), pp. 11478. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms241411478>
27. Kohls G., Antezana L., Mosner M. G., Schultz R. T., Yerys B. E. Altered reward system reactivity for personalized circumscribed interests in autism. *Molecular Autism*, 2018, vol. 9 (1). DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s13229-018-0195-7>
28. Supekar K., Kochalka J., Schaer M., Wakeman H., Qin S., Padmanabhan A., Menon V. Deficits in mesolimbic reward pathway underlie social interaction impairments in children with autism. *Brain*, 2018, vol. 141 (9), pp. 2795–2805. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/brain/awy191>
29. Marotta R., Risoleo M. C., Messina G., Parisi L., Carotenuto M., Vetri L., Roccella M. The Neurochemistry of Autism. *Brain Sciences*, 2020, vol. 10 (3), pp. 163. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/brainsci10030163>
30. Padmanabhan A., Lynch C. J., Schaer M., Menon V. The Default Mode Network in Autism. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 2017, vol. 2 (6), pp. 476–486. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpsc.2017.04.004>
31. Hogeveen J., Krug M. K., Geddert R. M., Ragland J. D., Solomon M. Compensatory Hippocampal Recruitment Supports Preserved Episodic Memory in Autism Spectrum Disorder. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 2020, vol. 5 (1), pp. 97–109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpsc.2019.08.009>
32. Xu L., Zheng X., Yao S., Li J., Fu M., Li K., Zhao W., Li H., Becker B., Kendrick K. M. The mirror neuron system compensates for amygdala dysfunction - associated social deficits in individuals with higher autistic traits. *Neuroimage*, 2022, vol. 251, pp. 119010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.119010>
33. Watanabe D., Watanabe T. Distinct Frontoparietal Brain Dynamics Underlying the Co-Occurrence of Autism and ADHD. *eNeuro*, 2023, vol. 10 (7). DOI: <http://dx.doi.org/10.1523/ENEURO.0146-23.2023>
34. Shpitzberg I. L. The treatment of sensory systems developmental disorders in children with autism spectrum disorders. *Autism and Developmental Disorders*, 2013, vol. 11 (2), pp. 33–44. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22621220> URL: https://psyjournals.ru/journals/autdd/archive/2013_n2/autdd_2013_n2_66397.pdf



35. Abomelha F. M., AlDhalaan H., Ghaziuddin M., Al-Tassan N. A., Al-Mubarak B. R. Autism and ADHD in the Era of Big Data; An Overview of Digital Resources for Patient, Genetic and Clinical Trials Information. *Genes (Basel)*, 2022, vol. 13 (9), pp. 1551. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/genes13091551>
36. da Silva B. S., Grevet E. H., Silva L. C. F., Ramos J. K. N., Rovaris D. L., Bau C. H. D. An overview on neurobiology and therapeutics of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Discover Mental Health*, 2023, vol. 3 (1), pp. 2. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s44192-022-00030-1>
37. Wei J., Zheng H., Li G., Chen Z., Fang G., Yan J. Involvement of oxytocin receptor deficiency in psychiatric disorders and behavioral abnormalities. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 2023, vol. 17, pp. 1164796. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fncel.2023.1164796>
38. Masi G., Fantozzi P., Villafranca A., Tacchi A., Ricci F., Ruglioni L., Inguaggiato E., Pfanner C., Cortese S. Effects of melatonin in children with attention-deficit/hyperactivity disorder with sleep disorders after methylphenidate treatment. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 2019, vol. 15, pp. 663–667. DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/NDT.S193891>
39. Dobrovolsky A. P., Gedzun V. R., Bogin V. I., Ma D., Ichim T. E., Sukhanova I. A., Malyshev A. V., Dubynin V. A. Beneficial effects of xenon inhalation on behavioral changes in a valproic acid-induced model of autism in rats. *Journal of Translational Medicine*, 2019, vol. 17 (1), pp. 400. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12967-019-02161-6>
40. Han V. X., Patel S., Jones H. F., Dale R. C. Maternal immune activation and neuroinflammation in human neurodevelopmental disorders. *Nature Reviews Neurology*, 2021, vol. 17 (9), pp. 564–579. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41582-021-00530-8>
41. Gan J., Galer P., Ma D., Chen C., Xiong T. The Effect of Vitamin D Supplementation on Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 2019, vol. 29 (9), pp. 670–687. DOI: <http://dx.doi.org/10.1089/cap.2019.0059>
42. Sharif M. R., Madani M., Tabatabaei F., Tabatabaee Z. The Relationship between Serum Vitamin D Level and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Iranian Journal of Child Neurology*, 2015, vol. 9 (4), pp. 48–53. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4670977>
43. Verlaet A. A. J., Maasackers C. M., Hermans N., Savelkoul H. F. J. Rationale for Dietary Antioxidant Treatment of ADHD. *Nutrients*, 2018, vol. 10 (4), pp. 405. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/nu10040405>
44. Majhi S., Kumar S., Singh L. A Review on Autism Spectrum Disorder: Pathogenesis, Biomarkers, Pharmacological and Non-Pharmacological Interventions. *CNS & Neurological Disorders Drug Targets*, 2023, vol. 22 (5), pp. 659–677. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1871527321666220428134802>
45. Genovese A., Butler M. G. The Autism Spectrum: Behavioral, Psychiatric and Genetic Associations. *Genes*, 2023, vol. 14 (3), pp. 677. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/genes14030677>
46. Morozova E. A., Belousova M. V., Gomsina E. G., Utkuzova M. A. Microbiotic and nutritiological patterns of cognitive and behavioral functions formation in a child. *Practical Medicine*, 2021, vol. 19 (5), pp. 32–36. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47416307>
47. Bicknell B., Liebert A., Borody T., Herkes G., McLachlan C., Kiat H. Neurodegenerative and Neurodevelopmental Diseases and the Gut-Brain Axis: The Potential of Therapeutic Targeting of the Microbiome. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, vol. 24 (11), pp. 9577. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms24119577>



48. Gonçalves C. L., Doifode T., Rezende V. L., Costa M. A., Rhoads J. M., Soutullo C. A. The many faces of microbiota-gut-brain axis in autism spectrum disorder. *Life Sciences*, 2024, vol. 337, pp. 122357. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lfs.2023.122357>
49. Salehinejad M. A., Ghanavati E., Glinski B., Hallajian A. H., Azarkolah A. A systematic review of randomized controlled trials on efficacy and safety of transcranial direct current stimulation in major neurodevelopmental disorders: ADHD, autism, and dyslexia. *Brain and Behavior*, 2022, vol. 12 (9), pp. e2724. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/brb3.2724>
50. Bogoliubova-Kuznetsova D. V. Theraplay in the Work with Child with ASD. *Autism and Developmental Disorders*, 2019, vol. 17 (4), pp. 21–28. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.17759/autdd.2019170403> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41803573>
51. Starikova O. V., Dvoryaninova V. V., Balandina O. V. Application of the Early Care Program Based on the Early Start Denver Model for Children with ASD. *Autism and Developmental Disorders*, 2022, vol. 20 (1), pp. 29–36. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.17759/autdd.2022200104> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49879053>
52. Dubois-Sage M., Jacquet B., Jamet F., Baratgin J. People with Autism Spectrum Disorder Could Interact More Easily with a Robot than with a Human: Reasons and Limits. *Behavioral Sciences (Basel, Switzerland)*, 2024, vol. 14 (2), pp. 131. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/bs14020131>
53. Lo A., Lowery L. A., Kuhlthau K., Parker R. A., Chan J., Haddad F., Radom-Aizik S., Gehricke J. G. Effects of physical exercise, LEGO, and Minecraft activities on anxiety in underserved children with autism: Study design and methodological strategies. *MethodsX*, 2023, vol. 11, pp. 102332. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mex.2023.102332>
54. Varlamov A. A., Skorokhodov I. V., Shpitsberg I. L. The use of play-based interactions and traditional folk play genres for children autism spectrum disorders and attachment disorders: current practice and perspectives. *Psychophysiology News*, 2022, no. 4, pp. 18–30. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50315260>
55. Muris P., Roodenrijs D., Kelgtermans L., Sliwinski S., Berlage U., Baillieux H., Deckers A., Gunther M., Paanakker B., Holterman I. No Medication for My Child! A Naturalistic Study on the Treatment Preferences for and Effects of Cogmed Working Memory Training Versus Psychostimulant Medication in Clinically Referred Youth with ADHD. *Child Psychiatry & Human Development*, 2018, vol. 49 (6), pp. 974–992. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10578-018-0812-x>
56. Mechler K., Banaschewski T., Hohmann S., Häge A. Evidence-based pharmacological treatment options for ADHD in children and adolescents. *Pharmacology & Therapeutics*, 2022, vol. 230, pp. 107940. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pharmthera.2021.107940>
57. Zhu F., Zhu X., Bi X., Kuang D., Liu B., Zhou J., Yang Y., Ren Y. Comparative effectiveness of various physical exercise interventions on executive functions and related symptoms in children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder: A systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 2023, vol. 11, pp. 1133727. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1133727>
58. Abdulghani A., Poghosyan M., Mehren A., Philipsen A., Anderzhanova E. Neuroplasticity to autophagy cross-talk in a therapeutic effect of physical exercises and Irisin in ADHD. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 2023, vol. 15, pp. 997054. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnmol.2022.997054>
59. Kassenova G. T., Saduakassova K. Z., Issayeva R. B. Digest of the main provisions of the doctrine of autism. *Science & Healthcare*, 2021, vol. 23 (5), pp. 194–202. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49872643>



60. Valiulina G. V. Teacher readiness for the prevention and correction of emotional disturbance in primary school children with attention deficit hyperactivity disorder. *The Education and Science Journal*, 2023, vol. 25 (8), pp. 186–219. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.17853/1994-5639-2023-8-186-219> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54664266>

Submitted: 15 April 2024

Accepted: 10 May 2024

Published: 30 June 2024



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).

The authors' stated contribution:

The contribution of authors to the collection of empirical material of the presented research, data processing and writing of the text of the article is equivalent.

All authors reviewed the results of the work and approved the final version of the manuscript.

Information about competitive interests:

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest in connection with the publication of this article

Information about the Authors

Sergei Anatolyevich Khaustov

Candidate of Biology Sciences, Senior Researcher,
Scientific and Educational Center in Pushchino,
Federal State University of Education,
24, Very Voloshinoy St., 141014, Mytishchi, Moscow region, Russian
Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9286-3644>

E-mail: sa.khaustov@guppros.ru

Vyacheslav Albertovich Dubynin

Doctor of Biology Sciences, Professor,
Department of Human and Animal Physiology,
Faculty of Biology,
Lomonosov Moscow State University,
GSP-1, Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6436-5004>

E-mail: dva-msu@yandex.ru

