

Научная статья
УДК 159.91
DOI: 10.14529/jpps260207

Взаимосвязь показателей психомоторного развития и ритмических составляющих фоновой ЭЭГ у детей 2–4 лет с задержкой речевого развития

И.В. Буракова[✉], Е.В. Воробьева

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

[✉] burakova091@yandex.ru

Аннотация

Обоснование. Статья посвящена комплексному анализу взаимосвязей между паттернами биоэлектрической активности головного мозга и уровнем психомоторного развития у детей младшего дошкольного возраста (2–4 лет) с задержкой речевого развития. Исследуются специфические особенности формирования корковых ритмов и их роль в структуре психомоторного дефицита, характерного для данной категории детей. **Материалы и методы.** Эмпирическую базу исследования составили 37 детей (30 мальчиков и 7 девочек; $3,42 \pm 0,70$ года) с задержкой речевого развития – воспитанники Центра нейкоррекции «ИВА» (г. Краснодар). Использованы анализ представленности ритмических составляющих в фоновой ЭЭГ, комплексная оценка уровня психомоторного развития с помощью диагностической методики «Гном». Статистическая обработка данных проводилась с применением методов описательной статистики, критерия Шапиро – Уилка для проверки нормальности распределения и корреляционного анализа по Спирмену. **Результаты** показали наличие статистически значимых корреляций между выраженностью ритмических составляющих в фоновой ЭЭГ и показателями психомоторного развития детей 2–4 лет с задержкой речевого развития. Полученные данные позволяют лучше понять нейрофизиологические механизмы, лежащие в основе речевых нарушений, и могут стать основой для разработки эффективных методов коррекции. В **заключении** подчеркивается важность мультидисциплинарного подхода к проведению психолого-педагогической коррекции задержки речевого развития у детей 2–4 лет.

Ключевые слова: задержка речевого развития, электроэнцефалограмма, психомоторное развитие, биоэлектрическая активность

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Буракова И.В., Воробьева Е.В. Взаимосвязь показателей психомоторного развития и ритмических составляющих фоновой ЭЭГ у детей 2–4 лет с задержкой речевого развития // Психология. Психофизиология. 2026. Т. 19, № 2. С. 63–78. DOI: 10.14529/jpps260207

Correlation of psychomotor development and baseline EEG rhythmic components in children aged 2–4 years with speech delay

I.V. Burakova[✉], E.V. Vorobyeva

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

[✉] burakova091@yandex.ru

Abstract

Introduction. This article provides a comprehensive analysis of the relationships between cerebral bioelectrical patterns and psychomotor development in preschool children aged 2–4 years with speech delay. The study investigates the features of cortical rhythm formation and their role in the structure of psychomotor deficiency typical of this population. **Materials and methods.** The study involved 37 children (30 boys; 7 girls; mean age 3.42 ± 0.70 years) with speech delay from the IVA neurocorrection center (Krasnodar, Russia). The study methods included an analysis of rhythmic components using baseline EEG and a comprehensive assessment of psychomotor development using the Gnom diagnostic tool. The statistical analysis employed descriptive statistics, the Shapiro–Wilk test for normality, and the Spearman rank correlation. **Results.** The study demonstrated statistically significant relationships between the rhythmic components of baseline EEG and psychomotor development in preschool children aged 2–4 years with speech delay. These findings provide a better understanding of neurophysiological mechanisms underlying speech disorders and may become a basis for the development of effective correction methods. **Conclusions.** This study emphasizes the importance of an interdisciplinary approach to the psychological and pedagogical correction of speech delay in children aged 2–4 years.

Keywords: speech delay, electroencephalogram, psychomotor development, bioelectrical activity

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Burakova I.V., Vorobyeva E.V. Correlation of psychomotor development and baseline EEG rhythmic components in children aged 2–4 years with speech delay. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology*. 2026;19(2):63–78. (in Russ.) DOI: 10.14529/jpps260207

Введение

По данным современных исследований, 3–10 % детей дошкольного возраста сталкиваются с теми или иными формами речевых задержек, при этом отмечается устойчивая тенденция к росту числа детей со сложными, коморбидными вариантами речевых нарушений. Особую тревогу вызывает распространенность задержки речевого развития (ЗРР) у детей раннего возраста, в частности в период от 2 до 4 лет, который является критически важным для формирования базовых речевых навыков и созревания нейрофизиологических механизмов, лежащих в их основе. Именно в этом возрасте происходит интенсивное созревание связей между корковыми и подкорковыми структурами, формируется функциональный фундамент для высших психических функций [1, 2]. Однако в существующей литературе наблюдается выраженный «возрастной разрыв»: большинство нейрофизиологических исследований сфокусировано либо на

младенчестве, либо на старшем дошкольном возрасте. Возрастной период 2–4 лет остается «слепой зоной», что препятствует созданию технологий раннего вмешательства, когда пластичность мозга максимальна.

С нейробиологической и психофизиологической точек зрения неоптимальное развитие речевой системы в сенситивный период может приводить к изменению паттернов нейронной активности, снижению пластичности корковых и подкорковых структур, ответственных за высшие когнитивные функции (внимание, память, мышление), а также негативно влиять на общее психомоторное развитие [3]. Отсутствие своевременной коррекции речевого развития в этом возрасте сопряжено с риском закрепления патологических механизмов и усугублением дальнейших нарушений [4].

Опосредованные проявления ЗРР выходят далеко за рамки коммуникативной функции. На психологическом уровне неспособность ребенка к речевому выражению своих по-

требностей и эмоций часто приводит к фрустрации, формированию негативного самовосприятия, аффективным вспышкам и вторичным нарушениям поведения [5]. В социальном аспекте ЗРР затрудняет интеграцию ребенка в среду сверстников, препятствует формированию адекватных социальных навыков и может стать причиной школьной дезадаптации в будущем [6].

Современная нейрофизиология и нейролингвистика достигли значительных успехов в понимании принципов организации речевой функции и ее корково-подкорковых коррелятов [7].

Несмотря на обилие логопедических и педагогических подходов, эффективность коррекции часто остается недостаточно высокой из-за отсутствия понимания глубинных нейрофизиологических причин нарушения. В современной науке речь рассматривается не как изолированная когнитивная способность, а как сложная функциональная система, базирующаяся на интеграции слуховой, зрительной и, прежде всего, двигательной систем¹.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) признана высокоинформативным методом оценки функционального состояния центральной нервной системы, позволяющим выявлять особенности биоэлектрической активности мозга, отражающие его зрелость, степень активации и наличие дисфункциональных изменений [8], а также является неинвазивным методом регистрации интегральной биоэлектрической активности головного мозга, позволяющим анализировать различные частотно-амплитудные паттерны, известные как мозговые ритмы [9]. ЭЭГ-показатели выступают индикаторами функциональной организации ЦНС и когнитивной деятельности (памяти, исполнительного контроля, речи). Анализ данных паттернов позволяет верифицировать дефицитарность функциональных систем мозга, выступая ключевым инструментом диагностики когнитивных нарушений и оценки адаптивного ресурса нейронных сетей [10].

Главная идея данного исследования заключается в отходе от традиционного узкофункционального понимания ЗРР в пользу системного анализа нейрофизиологического статуса ребенка. Мы предполагаем, что за-

держка речи у детей в возрасте 2–4 лет сопряжена со специфической незрелостью определенных паттернов биоэлектрической активности, которая коррелирует с дефицитом психомоторных функций. Выявление этих взаимосвязей позволит не только углубить теоретические представления о механизмах речевого дизонтогенеза, но и создать объективный инструмент мониторинга эффективности реабилитационного процесса.

Обзор литературы

На сегодняшний день значительная часть фундаментальных исследований, посвященных изучению корреляции показателей биоэлектрической активности головного мозга и речевых механизмов, опирается на данные, полученные на взрослых обследуемых [11]. Недавний обзор роли сенсомоторных сетей в речевом развитии [12] ограничивается периодом младенчества, фокусируясь на нейроанатомических показателях, развитии вокализаций и методе вызванных потенциалов. При этом динамика сенсомоторных ритмов ЭЭГ в критически важном периоде от 2 до 4 лет – этапе активной интеграции психомоторных и речевых функций – остается практически неизученной, особенно в контексте патогенеза задержки речевого развития (ЗРР). Современные нейрофизиологические концепции рассматривают речь не как изолированную когнитивную функцию, а как результат сложной интеграции слуховой, зрительной и двигательной систем [13]. В исследовании М.К. Франкен подчеркивается, что восприятие речи мультимодально, мозг слушателя активирует собственные моторные программы для распознавания фонов. Это подтверждает важность исследования сенсомоторной коры у детей с ЗРР, так как дефицит психомоторного развития может выступать первичным звеном в нарушении формирования речевого праксиса [14].

Некоторые исследования свидетельствуют о том, что роль бета-активности в речевой рецепции с возрастом возрастает, обеспечивая точность сенсомоторного прогнозирования, таким образом недостаточность выраженности бета-активности в фоновой ЭЭГ детей 2–4 лет может указывать на слабость функциональных связей между моторными и слуховыми центрами [15]. Ряд актуальных работ посвящен исследованию специфики сенсомоторного ритма при различных патологиях раз-

¹ Воробьева Е.В., Кайдановская И.А. Психология детей и подростков: учебное пособие. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2018. 175 с.

вития. Так, П.А. Павлова подчеркивает значимость модуляции сенсомоторного ритма для понимания механизмов социального познания и дефицитарности эмоционального интеллекта при когнитивных нарушениях, что, в свою очередь, может опосредовать формирование речевой функции по дизонтогенетическому типу [16].

В исследованиях М.А. Начаровой и соавт. (2020) акцент смещается на взаимосвязь биоэлектрической активности мозга с двигательными дефицитами, где атипичные паттерны сенсомоторного ритма выступают биомаркерами нарушений праксиса и моторного планирования [17]. Исследование Д.Г. Митюревой и соавт. (2022) расширяет эти данные, указывая на то, что дисфункция сенсомоторной коры является интегральной характеристикой широкого спектра нейропсихологических дефицитов в детском возрасте [18].

Важное значение для понимания нейрофизиологических основ раннего когнитивного развития имеют данные, полученные в ходе исследования биоэлектрической активности мозга в младенческом возрасте. Авторами было продемонстрировано, что динамическая модуляция мощности фронтального тета-ритма выступает надежным предиктором будущих когнитивных способностей ребенка. Поскольку фронтальная тета-активность тесно связана с формированием функции внимания и исполнительными функциями, её показатели в раннем онтогенезе могут рассматриваться как биомаркеры функционального созревания префронтальной коры, что имеет критическое значение для формирования базы речевого и психомоторного развития [19].

Системный обзор, представленный в работе С. Каракас (2020), подводит под эти данные фундаментальное теоретическое обоснование, согласно которому, тета-активность в фоновой ЭЭГ выступает в роли интегративного показателя, обеспечивающего когерентность между гиппокампальными структурами и неокортексом, что критически важно для функционирования рабочей памяти, внимания и исполнительного контроля [20]. Вместе с тем характер тета-активности требует дифференцированной оценки: если её реактивное усиление свидетельствует о включенности в познавательный процесс, то избыточная и диффузная мощность в тета-диапазоне в состоянии активного бодрствования, согласно работе И.И. Коробейниковой и соавторов

(2020), часто служит индикатором нейрофизиологической незрелости. В клинической практике такие паттерны нередко коррелируют с дефицитом произвольного внимания, эмоциональной лабильностью и общей несформированностью регуляторных систем мозга [21].

Исследование, выполненное М. Hofstee и соавт. (2022), вносит вклад в понимание роли фронтального альфа-ритма как предиктора развития саморегуляции и тормозного контроля. В исследовании доказывалось, что мощность электрической активности альфа-диапазона коррелирует со способностью ребенка к произвольному поведению. Тем не менее выводы исследования сфокусированы преимущественно на эмоционально-поведенческом аспекте, оставляя без внимания вопрос о том, как дефицит фронтального альфа-ритма влияет на речедвигательную координацию и формирование речевого праксиса у детей с ЗРР. Существует потребность в переносе данных о «тормозном контроле» из плоскости поведения в плоскость психомоторного планирования речи [22].

Работа Н. Ohashi и D.J. Ostry (2021) является ключевой для понимания мультимодальной природы речи. Исследователи убедительно доказывают, что сенсомоторные области коры активно участвуют в речевом научении, связывая слуховое восприятие с моторным актом. Значимость этого исследования заключается в подтверждении тезиса о том, что речь не является изолированной когнитивной функцией. Однако авторы опираются преимущественно на модели нейронального обучения, не предоставляя возрастных норм выраженности ритмических составляющих ЭЭГ у детей раннего возраста с уже манифестировавшей задержкой речевого развития. Остается неясным, какие именно нарушения ритмических составляющих ЭЭГ блокируют этот «сенсомоторный мост» у детей 2–4 лет [15].

Фундаментальная работа С.И. Новиковой (2015) заложила основу для понимания ритмики ЭЭГ как отражения когнитивных процессов. Автор подчеркивает, что спектрально-мощностные характеристики ритмов ЭЭГ являются индикаторами функционального состояния систем внимания и памяти. Однако, несмотря на высокую теоретическую значимость, данное исследование носит обобщающий характер и не учитывает специфическую динамику созревания ритмов в узком возраст-

тном коридоре 2–4 лет – периоде, когда происходит критическая смена доминирующих осцилляторов паттернов [23].

Особое внимание в современной литературе уделяется исследованиям биоэлектрической активности головного мозга детей с расстройствами аутистического спектра. Как отмечается в исследовании Е.Ю. Давыдовой и соавт. (2023), для детей с расстройствами аутистического спектра характерно нарушение реактивности мю-ритма (отсутствие или снижение десинхронизации) при наблюдении за действиями других людей. Это свидетельствует о дисфункции зеркальных систем мозга, что лежит в основе трудностей имитационного обучения и коммуникации [24]. Однако, несмотря на наличие репрезентативных данных в области ЭЭГ-исследований детей с расстройствами аутистического спектра и тяжелых неврологических патологий, в современной научной литературе наблюдается выраженный дефицит фундаментальных исследований, посвященных анализу особенностей ЭЭГ у детей с задержкой речевого развития (ЗРР). Большинство существующих работ охватывает либо младенческий возраст, либо период старшего дошкольного и школьного детства, оставляя без внимания критический этап от 2 до 4 лет, когда происходит интенсивная миелинизация речевых зон и интеграция сенсомоторных систем [25]. Фундаментальные современные работы характеризуются дефицитом системных исследований ЭЭГ-паттернов и психомоторного развития детей с ЗРР в критический период 2–4 лет. Существующие данные фрагментированы, не охватывают этот возраст и не соотносят показатели биоэлектрической активности с объективной оценкой моторного фундамента речи.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 37 семей с детьми с задержкой речевого развития в возрасте от 2 до 4 лет. Дети, проживающие в г. Краснодаре, посещают центр нейрокоррекции «ИВА». Средний возраст детей с ЗРР $3,42 \pm 0,7$ года, 30 мальчиков и 7 девочек. Диагноз ЗРР был установлен врачом-неврологом и логопедом.

Методики исследования

Для оценки уровня психического развития детей раннего возраста применялась методика «Гном» (график нервно-психического обследования) – для определения уровня раз-

вития ребенка в сенсорной, моторной, эмоционально-волевой, познавательной и поведенческой сферах.

Для оценки каждой сферы применялось четыре задания. Уровень сенсорного функционирования оценивался по показателям зрительной, слуховой и тактильной чувствительности. Уровень моторного развития оценивался по уровню развития таких компонентов, как статика, кинетика, тонкая моторика и мимика. Эмоционально-волевая сфера оценивалась по уровню распознавания эмоций и эмоциональному отклику, а также по уровню развития активной и пассивной произвольности. Познавательное развитие оценивалось по уровню развития речи, её импрессивной и экспрессивной составляющей, уровню сформированности мышления, игры и внимания. Поведенческие функции оценивались по особенностям пищевого поведения и динамике формирования навыков опрятности, а также по особенностям социального поведения. По итогам проведенного обследования рассчитывался коэффициент психического развития ребенка (КПР).

Нормальному психическому развитию соответствует показатель КПР от 90 до 110 баллов. Группе риска в отношении возможности возникновения нервно-психической патологии соответствует показатель КПР от 80 до 89 баллов, а также больше 111 баллов. При КПР менее 79 баллов – нарушение нервно-психического развития, требуется консультация специалистов: неврологов, психиатров².

Проводился анализ данных заключений по результатам регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Регистрация ЭЭГ проводилась в период, соответствующий психодиагностическому обследованию, специалистами НИИ Педиатрии и неврологии, а также ООО «Детский центр здоровья Кидс Мед», ООО «Медицинский лучевой центр», ООО «Эпицентр-Юг» (г. Краснодар). Использовались электроэнцефалографы «Нейрон-Спектр-3», «Нейрон-Спектр-4», «Нейрон-Спектр-63» (производство компании «Нейрософт», Россия), частота квантования – 500 Гц, с применением монополярного монтажа. Фильтр

² Козловская Г.В. Диагностические тесты психологического и психоневрологического обследования детей первых лет жизни (нормативы, риск патологии, организация помощи): метод. рекомендации. М.: Изд-во «Медицинское информационное агентство», 2019. 192 с.

верхних частот – 0,5 Гц, фильтр нижних частот – 70 Гц. Проводилась регистрация фоновой ЭЭГ, проб с открыванием и закрыванием глаз, фотостимуляцией (3–20 Гц), гипервентиляцией (общая длительность записи составила 20 мин). Использовалась регистрация электрической активности мозга с установкой электродов по международной системе «10–20» в 21-м отведении: Fp1, Fp2, Fpz, F3, F4, Fz, F6, F7, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, P3, P4, Pz, O1, O2, Oz, с установкой ипсилатеральных ушных референтов A1 и A2 и оценкой абсолютной спектральной мощности электрической активности мозга, соответствующей дельта (δ) – 2–4 Гц, тета (θ) – 4–8 Гц, альфа (α) – 8–13 Гц и бета (β) – 14–35 Гц диапазонам.

Данные анализировались с использованием статистических методов: дескриптивная статистика, определение нормальности распределения по Шапиро – Уилку, корреляционный анализ по Спирмену.

Результаты

Уровень психомоторного развития. 16 % (6 чел.) детей по развитию психомоторных функции соответствуют норме, однако 84 % (31 чел.) детей имеют различные выраженные нарушения развития, дети с опережающим развитием отсутствуют.

В таблице представлены результаты оценки показателей психомоторного развития

детей 2–4 лет с задержкой речевого развития по методике «Гном».

В таблице видно, что все дети с ЗРР имеют отставание в развитии речи и познавательном развитии, что обусловлено трудностями в речевой сфере. У 76 % (28 детей) снижен уровень развития моторики, у 62 % (23 ребенка) имеются трудности с развитием поведения, социального взаимодействия.

Особенности показателей фоновой ЭЭГ. У 19 % (7 детей) снижены частота и амплитуда альфа-активности, у 35 % (13 детей) альфа-активность нерегулярная и неустойчивая. У 89 % (33 ребенка) тета-активность распределена диффузно. У 78 % (29 детей) выраженность тета-активности в фоновой ЭЭГ превышает выраженность альфа-активности, у 16 % (6 детей) тета-активность в фоновой ЭЭГ остается ведущим ритмом.

Выраженность бета-активности у 59 % (22 ребенка) нерегулярная и неустойчивая, у 41 % (15 детей) – достаточно устойчивая и регулярная.

У большинства детей, 84 % (31 ребенок), в фоновой ЭЭГ отсутствовала активность дельта-диапазона, она была зарегистрирована у 16 % (6 детей).

Была определена частота встречаемости средних значений выраженности ритмических составляющих фоновой ЭЭГ у детей с ЗРР в возрасте 2–4 лет, а также количество детей с показателями выше и ниже средних (см. рисунок).

Таблица
Table

Результаты оценки показателей психомоторного развития детей 2–4 лет с задержкой речевого развития по методике «Гном»

Results of psychomotor development assessment in children aged 2–4 years with speech delay using the Gnom method

Показатели психомоторного развития Parameter	Количество детей с показателями ниже нормы Number of children with below-normal values		Количество детей с показателями, соответствующими уровню нормы Number of children with normal values	
	Абс. / N	%	Абс. / N	%
Коэффициент психического развития (КПР) / Coefficient of mental development	31	84	6	16
Сенсорика / Sensory development	15	41	22	59
Моторика / Motor development	28	76	9	24
Эмоционально-волевая сфера / Emotional-volitional sphere	13	35	24	65
Познавательная сфера / Cognitive sphere	37	100	0	0
Поведение / Behavior	23	62	14	38
Речь / Speech	37	100	0	0

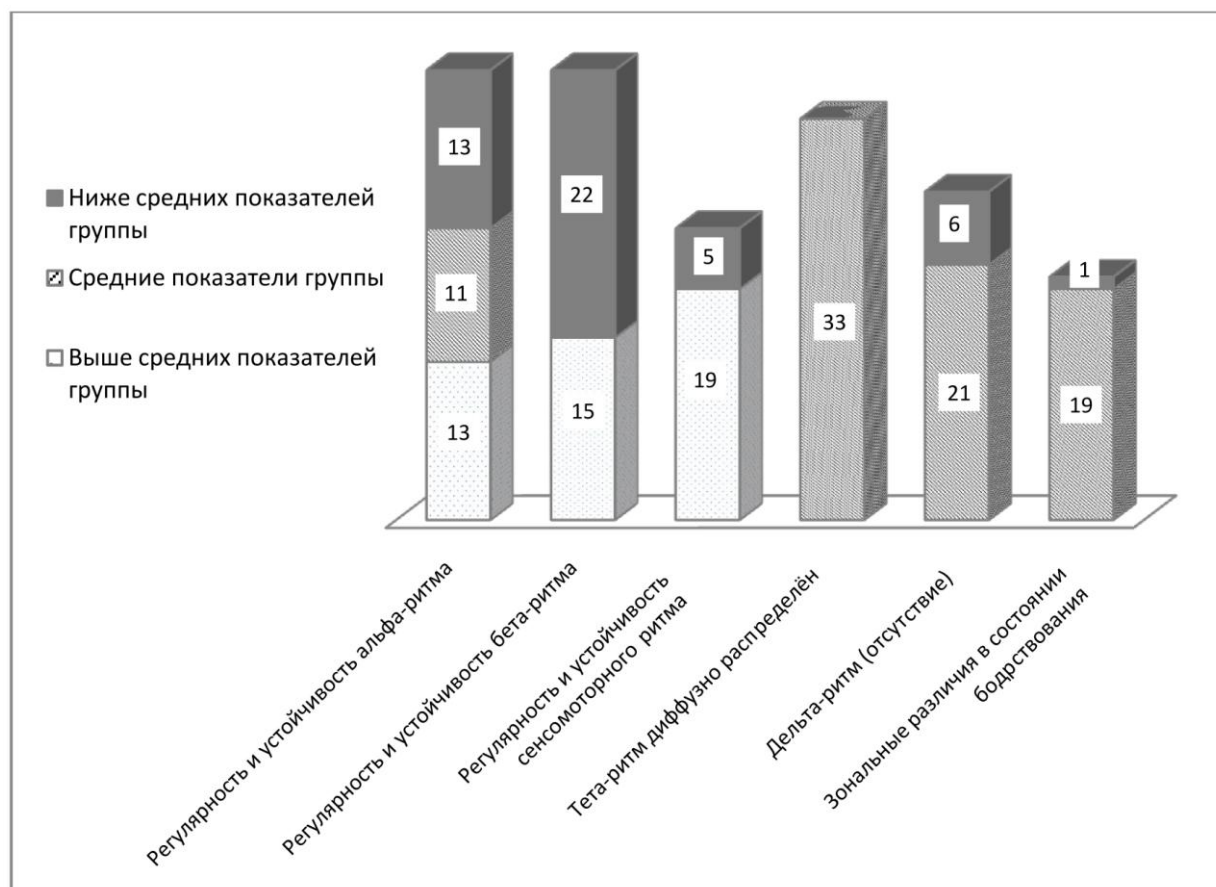


Рис. Количество детей с ЗРР 2–4 лет с различными характеристиками регулярности и устойчивости ритмов фоновой ЭЭГ

Fig. Number of children aged 2–4 years with speech delay according to different characteristics of regularity and stability of baseline EEG rhythms

Таким образом, в соответствии с данными, представленными на рисунке, видно, что группа детей с ЗРР неоднородна по распределению частоты встречаемости средних значений выраженности ритмических составляющих фоновой ЭЭГ, а также количеству детей с показателями выше и ниже средних.

Взаимосвязь уровня психомоторного развития с выраженностью ритмических составляющих фоновой ЭЭГ. Результаты корреляционного анализа выявили статистически значимые положительные взаимосвязи между выраженностью в фоновой ЭЭГ альфа-активности и уровнем психомоторного развития детей 2–4 лет с задержкой речевого развития. Эти данные подчеркивают роль альфа-активности как интегративного нейрофизиологического предиктора общего развития ребенка.

Наиболее высокий показатель корреляции получен между выраженностью в фоновой ЭЭГ альфа-активности и общим уровнем психомоторного развития (по методике «Гном»)

($r = 0,74$, $p < 0,001$). Высокое значение коэффициента корреляции при таком уровне статистической значимости указывает на прямую и тесную взаимосвязь: чем более организованной, стабильной и устойчивой является альфа-активность, тем выше общий уровень психомоторного развития.

Получено, что выраженность в фоновой ЭЭГ альфа-активности взаимосвязана с показателем сенсорного развития (по методике «Гном») ($r = 0,51$, $p < 0,01$). Выраженность в фоновой ЭЭГ альфа-активности, отражающая зрелость таламокортикальных систем, является фундаментом для полноценного приема и обработки сенсорной информации. Это критически важно для формирования фонематического слуха и речевого восприятия.

Выраженность в фоновой ЭЭГ альфа-активности взаимосвязана с показателем моторного развития (по методике «Гном») ($r = 0,61$, $p < 0,001$). Выраженность в фоновой ЭЭГ альфа-активности взаимосвязана с эффективностью планирования и выполнения

сложных двигательных актов, включая артикуляционную моторику.

Выраженность в фоновой ЭЭГ альфа-активности взаимосвязана с показателем эмоционально-волевого развития (по методике «Гном») ($r = 0,47$, $p < 0,01$). Выраженность в фоновой ЭЭГ альфа-активности взаимосвязана с лучшей способностью к саморегуляции.

Выраженность в фоновой ЭЭГ альфа-активности взаимосвязана с показателем оценки сформированности социального поведения (по методике «Гном») ($r = 0,61$, $p < 0,001$). Выраженность в фоновой ЭЭГ альфа-активности может рассматриваться как эндофенотип, сопряженный с социальной адаптацией и формированием коммуникативных навыков.

Выраженность в фоновой ЭЭГ альфа-активности взаимосвязана с показателем познавательного развития (по методике «Гном») ($r = 0,37$, $p < 0,05$).

Получены положительные корреляции амплитудных характеристик альфа-ритма фоновой ЭЭГ с показателями общего уровня психомоторного развития ($r = 0,45$, $p < 0,01$), сенсорного развития ($r = 0,44$, $p < 0,01$), моторного развития ($r = 0,45$, $p < 0,01$), социального поведения ($r = 0,36$, $p < 0,05$) по методике «Гном».

Выявлена также положительная взаимосвязь между частотой альфа-ритма и уровнем сенсорного развития ($r = 0,35$, $p < 0,05$). Это показывает, что оптимальная для возраста частота альфа-активности (постепенно увеличивающаяся с 8 до 12 Гц) является важным показателем зрелости нейронных сетей, обеспечивающих обработку сенсорных стимулов.

Получена положительная корреляция выраженности в фоновой ЭЭГ бета-активности с общим уровнем психомоторного развития (по методике «Гном») ($r = 0,37$, $p < 0,05$). Это может свидетельствовать о том, что у детей с ЗРП наличие более сформированных механизмов активного внимания и когнитивного контроля связано с более высокими показателями общего развития.

Получена положительная корреляция выраженности в фоновой ЭЭГ бета-активности с показателем сенсорного развития (по методике «Гном») ($r = 0,34$; $p < 0,05$). Выраженность в фоновой ЭЭГ бета-активности, вероятно, связана с лучшей способностью фокусировать внимание на слуховых и других стимулах.

Получена положительная корреляция выраженности в фоновой ЭЭГ бета-активности с показателем социального поведения (по методике «Гном») ($r = 0,34$, $p < 0,05$). Выраженность в фоновой ЭЭГ бета-активности ассоциируется с лучшей адаптацией в социальных ситуациях, что может быть обусловлено более развитой способностью к избирательному вниманию и контролю импульсивного поведения.

Получены положительные взаимосвязи между частотой бета-ритма в фоновой ЭЭГ и уровнем сенсорного развития ($r = 0,37$, $p < 0,05$), а также между амплитудой бета-ритма в фоновой ЭЭГ и уровнем развития познавательной сферы ($r = 0,36$, $p < 0,05$), а также речи ($r = 0,35$, $p < 0,05$). Это указывает на то, что, несмотря на общую незрелость, наличие более выраженных и быстрых бета-колебаний коррелирует с лучшим развитием процессов активной обработки информации, а также речью.

Получена отрицательная взаимосвязь между амплитудой сенсомоторного ритма (регистрируемого над моторной и сенсомоторной областями коры) и степенью развития эмоционально-волевой сферы (по методике «Гном») ($r = 0,34$, $p < 0,05$), что может рассматриваться как показатель механизма саморегуляции. Данные результаты согласуются с выводами А.Г. Кошавцева и С.В. Гречаного (2020), которые подчеркивают значимость интерпретации специфических ритмических паттернов ЭЭГ у детей раннего возраста как отражения процессов созревания функциональных систем мозга, ответственных за контроль поведения и эмоциональное реагирование [26].

Сенсомоторный ритм традиционно рассматривается как индикатор активности коры головного мозга в покое, что сопровождается десинхронизацией при выполнении движений или наблюдении за движениями. В контексте речевого развития десинхронизация сенсомоторного ритма в ответ на предъявление речевых стимулов свидетельствует о включении системы зеркальных нейронов, что при слушании речи сопровождается активацией моторных программ, необходимых для продукции аналогичных фонем [27]. Сенсомоторная система младенцев способствует становлению речи, выступая связующим звеном между жестикуляцией и общением. Это позволяет рассматривать систему зеркальных нейронов как один из ней-

рофизиологических факторов, обеспечивающих развитие речевой перцепции [28].

Обсуждение результатов

Полученные в нашей работе результаты о положительной взаимосвязи между выраженностью альфа-активности и показателями психомоторного развития детей 2–4 лет с ЗРР соотносятся с положениями о том, что регулярность, пространственная организация и устойчивость альфа-активности выступают биомаркерами функциональной зрелости коры головного мозга. Выраженность альфа-ритма свидетельствует о сформированности таламокортикальных взаимоотношений и готовности к включению в когнитивную деятельность [29].

Полученные в нашей работе данные о наличии сниженных показателей альфа-активности в фоновой ЭЭГ у детей 2–4 лет с ЗРР могут свидетельствовать о неоптимальном функциональном состоянии центральной нервной системы, что, вероятно, сопряжено с быстрой истощаемостью внимания и снижением толерантности к когнитивным нагрузкам, важным для обработки сложной акустической информации и формирования речевых навыков. Известно, что в ходе дифференциации акустических стимулов развитая способность к анализу частотно-временных характеристик звуков речи закладывает основу для формирования полноценного фонематического слуха и, как следствие, успешного речевого генеза [30].

В нашей работе установлено, что у 89 процентов детей с ЗРР в возрасте 2–4 лет в фоновой ЭЭГ представлено диффузное распределение тета-активности. Согласно исследованиям, сохранение диффузного характера тета-волн в возрасте 3–4 лет в состоянии бодрствования свидетельствует о недостаточной регионарной специализации корковых зон и незрелости механизмов фильтрации сенсорной информации. Отсутствие четкой пространственной организации тета-ритма указывает на дефицит функционального разделения активности между различными областями мозга, что приводит к избыточному фоновому нейрофизиологическому «шуму» [31]. В контексте речевого развития это препятствует эффективному декодированию акустических стимулов, выделению речевого сигнала из общего информационного потока

и, как следствие, формированию устойчивых фонематических репрезентаций.

Особое внимание привлекает анализ соотношения тета- и альфа-активности в фоновой ЭЭГ, что является важным индикатором нейрофизиологической зрелости [32]. У 78 % детей амплитуда тета-ритма не превышала альфа-ритм, что, несмотря на ЗРР, указывает на сохраненный вектор созревания корковых структур и потенциально более благоприятный прогноз для коррекционной работы при условии своевременного и адекватного вмешательства. Однако у 16 % (6 детей) выборки выявлена инверсия ритмов, при которой тета-активность значительно преобладала по амплитуде над альфа-ритмом и оставалась ведущей в общей структуре ЭЭГ. Подобная картина может расцениваться как функциональный нейрофизиологический инфантилизм [33], что свидетельствует о выраженном доминировании подкорковых влияний над корковыми и дефиците восходящих активирующих систем мозга. Для детей с ЗРР в возрасте 2–4 лет характерна не только глубокая речевая дефицитарность, но и выраженная несформированность эмоционально-волевой сферы, импульсивность, моторная расторможенность и значительные трудности в развитии произвольного внимания, что требует вовлечения их в комплексные программы нейрокоррекции.

Анализ высокочастотного диапазона ЭЭГ позволил выявить специфические особенности формирования механизмов произвольной регуляции. Установлено, что у 59 % (22 ребенка) обследуемых бета-активность в фоновой ЭЭГ характеризуется нерегулярностью и неустойчивостью. Согласно представлениям Р.И. Мачинской (2006), М.М. Безруких с соавторами (2005), бета-активность в лобно-центральных отделах является индикатором созревания ассоциативных зон коры и систем нисходящего контроля³. Выявленная нестабильность электрической активности бета-диапазона свидетельствует о функциональной незрелости нейронных сетей, ответственных за исполнительные функции: планирование, переключение внимания и контроль импульсивности. В контексте речевого развития это может проявляться в трудностях мо-

³ Безруких М.М. Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А. Психофизиология ребенка: учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. психолого-соц. ин-та, 2005.

торного планирования речи (праксиса) и дефиците активного внимания, необходимо для усвоения грамматических структур. В нашей работе у 41 % (15 чел.) детей с ЗРР в возрасте 2–4 лет выраженность электрической активности бета-диапазона в фоновой ЭЭГ была оценена как достаточно устойчивая и регулярная, что может рассматриваться как компенсаторный ресурс, обеспечивающий более сохранную способность к произвольной деятельности и потенциально более высокие темпы коррекции речевого дефекта.

Присутствие дельта-активности в состоянии активного бодрствования у детей старше двух лет рассматривается в клинике как признак угнетения корковой активности либо наличия нарушений органического генеза [34]. В нашем исследовании у большинства детей 2–4 лет с ЗРР электрическая активность дельта-диапазона в фоновой ЭЭГ отсутствовала, что является прогностически благоприятным признаком, указывающим на отсутствие грубых структурных повреждений в тканях мозга. Однако у 16 % детей отмечалась дельта-активность в фоновой ЭЭГ, что в сочетании с ранее описанным доминированием тета-активности может расцениваться как проявление выраженного функционального нейрофизиологического инфантилизма. Выраженность дельта-активности в фоновой ЭЭГ у детей 2–4 лет с ЗРР может свидетельствовать о снижении пропускной способности нейронных сетей, что клинически проявляется в виде наиболее тяжелых форм задержки речевого развития, сопряженных с интеллектуальной недостаточностью или выраженными сенсомоторными нарушениями [29].

Полученные в нашей работе результаты свидетельствуют о том, что у 59 % детей 2–4 лет с ЗРР возможен дефицит механизмов активного внимания и произвольного контроля на фоне сохранности влияний со стороны глубоких регуляторных структур. В то же время выявленная группа риска (16 % детей с наличием дельта-активности и инверсией тета/альфа-соотношения в фоновой ЭЭГ) требует особого внимания специалистов, так как их нейрофизиологический профиль указывает на сочетание незрелости коры с возможными микроорганическими изменениями [29], что делает их речевой дефект вторичным

по отношению к общему системному недоразвитию мозга⁴.

Обнаруженная в нашей работе взаимосвязь между амплитудными характеристиками сенсомоторного ритма и степенью развития эмоционально-волевой сферы (по методике «Гном») у детей 2–4 лет с ЗРР может рассматриваться как значимый диагностический маркер зрелости тормозных механизмов ЦНС. Сенсомоторный ритм, генерируемый в соматосенсорной коре, отражает состояние «двигательного покоя» и готовности к действию. Изменения его амплитуды (особенно в сочетании с избыточной электрической активностью в тета-диапазоне) могут свидетельствовать о функциональной недостаточности корково-подкорковых тормозных путей. В клинической картине это проявляется через поведенческие нарушения: избыточную моторную расторможенность, импульсивность и трудности произвольного удержания внимания. Таким образом, сенсомоторный ритм выступает нейрофизиологическим коррелятом системы саморегуляции, а его дефицитарность или нестабильность указывают на низкий порог волевого контроля над моторными и эмоциональными реакциями [35].

Речь является сложной психической функцией, взаимосвязанной с различными другими психическими функциями. Дефицитарность или недостаточное развитие этих психических функций влияет на развитие речи, а их комплекс определяет индивидуальную структуру нарушения развития речи [36].

Полученные нами данные ЭЭГ подтверждают: выраженные изменения биоэлектрической активности мозга у детей с психомоторными задержками коррелируют с незрелостью и задержкой миелинизации корково-подкорковых структур. Эти выводы полностью согласуются с результатами исследований других авторов [37, 38].

⁴ Карабанова О.А. Культурно-исторический деятельностный подход как основа психологической коррекции и профилактики психического развития детей и подростков с ограниченными возможностями здоровья // Современная дефектология: междисциплинарный подход к теоретическим и практическим проблемам нарушений развития у детей: сб. матер. IV Междунар. науч. конф. (14–15 апреля 2022 г.) / под общ. ред. Т.Г. Визель. М.: Московский институт психоанализа, 2022. С. 31–36.

Заключение

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что задержка речевого развития в возрасте 2–4 лет выступает следствием комплексной нейрофизиологической незрелости и дезорганизации корковой активности. Установленные положительные корреляции между параметрами ЭЭГ (например, выраженностью альфа-активности и диффузностью тета-активности в фоновой ЭЭГ) и показателями психомоторного развития могут расцениваться как свидетельство необходимости перехода к системной, нейрофизиологически обоснованной программе коррекции. Полученные в работе данные позволяют отойти от унифицированных протоколов работы с детьми с ЗРР. Оценка представленности в фоновой ЭЭГ ребенка 2–4 лет с ЗРР ритмических составляющих разных частотных диапазонов (доминирование выраженности тета-активности по отношению к альфа-активности, например) может быть использована для прогноза темпов усвоения материала и подбора методов воздействия, соответствующих текущему уровню функциональной зрелости мозга ребенка. При выявлен-

ном нейрофизиологическом инфантилизме (16 % детей 2–4 лет с ЗРР) фокус внимания должен быть смещен с логопедических упражнений на методы сенсомоторной интеграции и стабилизации нейродинамики. Выраженность в фоновой ЭЭГ детей с ЗРР электрической активности альфа-диапазона положительно взаимосвязана с общим уровнем психомоторного развития, что рассматривается в качестве объективного критерия эффективности проводимой терапии. Проведенное исследование указывает на важность тесной кооперации между нейрофизиологами, клиническими психологами и логопедами. Создание единого диагностического пространства позволяет рассматривать речевой дефект у детей 2–4 лет с ЗРР не как самостоятельную единицу, а как верхушку «айсберга» системных нейродинамических нарушений. Практическое применение полученных в работе результатов заключается в их использовании для ранней диагностики речевых нарушений, разработки персонализированных протоколов педагогической коррекции с последующей оценкой эффективности реабилитационных программ.

Список источников

1. Немкова С.А., Болдырев В.Г. Задержки психоречевого развития у детей: современные подходы к диагностике и коррекции // *Нервные болезни*. 2025. № 2. С. 23–32. DOI: 10.24412/2226-0757-2025-13277.
2. Иванов М.В., Козловская Г.В. Раннее детство: психологическая абилитация и профилактика нарушений психического развития // *Вопросы психического здоровья детей и подростков*. 2022. Т. 22, № 4. С. 111–118.
3. Анализ психофизиологических механизмов и подходов в коррекции звукопроизношения / А.Д. Морковина, А.О. Шевченко, В.В. Строганова, А.В. Вартанов // *Национальный психологический журнал*. 2023. Т. 17, № 1. С. 77–87. DOI: 10.11621/npj.2023.0107.
4. Микшина Е.П., Валькова И.А., Зигле Л.А. Служба ранней помощи – опыт оказания ранней помощи в системе дошкольного образования // *День дефектологии*. 2025. № 2(7). С. 63–70.
5. Поведенческие нарушения у детей с расстройствами речевого развития / Л.С. Чутко, С.Ю. Сурушкина, Е.А. Яковенко и др. // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2021. Т. 121(5). С. 57–61.
6. Григоренко Н.Ю. Типология отклонений в социальной коммуникации у детей раннего возраста с различными вариантами задержки развития // *Педагогическое образование в России*. 2021. № 3. С. 188–194. DOI: 10.26170/2079-8717_2021_03_22.
7. Исмаилов А.М., Зуев А.А. Организация и современное представление о речевой функции головного мозга: обзор литературы // *Нейрохирургия*. 2022. Т. 24, № 3. С. 80–89. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-80-89.
8. Начарова М.А., Начаров Д.В., Павленко В.Б. Особенности ЭЭГ детей с сенсорной алалией // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2022. Т. 8, № 4. С. 154–165.
9. Fox N.A., Bell M.A. Electrophysiological indices of frontal lobe development. Relations to cognitive and affective behavior in human infants over the first year of life // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1990. Vol. 608. P. 677–698. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1990.tb48914.x.

10. Нелинейные свойства тета-ритма головного мозга / А.Ю. Долинина, Е.М. Сулейманова, М.В. Корнилов и др. // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2025. Т. 33, № 6. С. 873–897. DOI: 10.18500/0869-6632-003188.
11. Psychological and electrophysiological correlates of word learning success / N.A. Mkrtchian, S.N. Kostromina, D.S. Gnedykh et al. // Psychology in Russia: State of the Art. 2021. Vol. 14(2). P. 171–192. DOI: 10.11621/pir.2021.0211
12. Choi D., Yeung H.H., Werker J.F. Sensorimotor foundations of speech perception in infancy // Trends in Cognitive Sciences. 2023. Vol. 27(8). P. 773–784. DOI: 10.1016/j.tics.2023.05.007
13. Становление клинической лингвистики: основные направления исследований когнитивно-речевых нарушений / Л.Н. Игишева, И.А. Нечаева, А.А. Румянцева, Ю.С. Шот // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки. 2022. Т. 6, № 4(24). С. 277–284. DOI: 10.21603/2542-1840-2022-6-4-277-284
14. Franken M.K., Liu B.C., Ostry D.J. Towards a somatosensory theory of speech perception // Journal of Neurophysiology. 2022. Vol. 128(6). P. 1683–1695. DOI: 10.1152/jn.00381.2022
15. Ohashi H., Ostry D.J. Neural development of speech sensorimotor learning // Journal of Neuroscience. 2021. Vol. 41(18). P. 4023–4035. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2884-20.2021
16. Павлова П.А. Электроэнцефалографические корреляты когнитивного дефицита у детей, перенесших перинатальный артериальный ишемический инсульт // Российский психологический журнал. 2019. Т. 16 (S2/1). С. 22–32. DOI: 10.21702/trj.2019.2.1.2
17. Нейрофизиологические механизмы восприятия речи и их особенности у детей в норме и с нарушениями развития / М.А. Начарова, А.А. Михайлова, Я.Ю. Говорун и др. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6(3). С. 146–162. DOI: 10.37279/2413-1725-2020-6-3-146-162
18. An inclusive paradigm to study mu-rhythm properties / D. Mitiureva, P. Bobrov, A. Rebreikina, O. Sysoeva // International Journal of Psychophysiology. 2023. Vol. 190. P. 42–55. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2023.05.353
19. Dynamic modulation of frontal theta power predicts cognitive ability in infancy / E.K. Braithwaite, E.J.H. Jones, M.H. Johnson et al. // Developmental Cognitive Neuroscience. 2020. Vol. 45. Art. ID 100818. DOI: 10.1016/j.dcn.2020.100818
20. Karakaş S. A review of theta oscillation and its functional correlates // International Journal of Psychophysiology. 2020. Vol. 157. P. 82–99. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2020.04.008.
21. Коробейникова И.И., Каратыгин Н.А., Венерина Я.А. Электрофизиологические корреляты достижения результата целенаправленной деятельности человека в условиях ритмически организованной оптической стимуляции частотой 10 Гц // Методические аспекты и разработки. Психическое здоровье. 2020. № 7. С. 9–15. DOI: 10.25557/2074-014X.2020.07.9-15
22. Self-regulation and frontal EEG alpha activity during infancy and early childhood: A multilevel meta-analysis / M. Hofstee, J. Huijding, K. Cuevas, M. Deković // Developmental Science. 2022. Vol. 25(6). Art. ID e13298. DOI: 10.1111/desc.13298.
23. Новикова С.И. Ритмы ЭЭГ и когнитивные процессы // Психологическая наука и образование psyedu.ru. 2015. Т. 4, № 1. С. 91–108. URL: <http://psyjournals.ru/jmfp/2015/n1/76178.shtml> (дата обращения: 24.02.2026).
24. Understanding Speech in Primary Schoolchildren with Autism Spectrum Disorders and Its Relationship with EEG Characteristics / E.Y. Davydova, K.R. Salimova, D.V. Davydov et al. // Human Physiology. 2023. Vol. 49. P. 225–234. DOI: 10.1134/S0362119723700354
25. Жулина Е.В., Соловьева Н.Н. Прогностическое значение нейропсихологического анализа структуры отклоняющегося психического развития при задержке речи // Проблемы современного педагогического образования. 2016. Т. 52(7). С. 163–169.
26. Кошавцев А.Г., Гречаный С.В. Интерпретация данных электроэнцефалографии у детей раннего возраста // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2020. № 1. С. 9–25. DOI: 10.17749/2077-8333.2020.12.1.9-25
27. Franken M.K., Liu B.C., Ostry D.J. Towards a somatosensory theory of speech perception // Journal of Neurophysiology. 2022. Vol. 128(6). P. 1683–1695. DOI: 10.1152/jn.00381.2022.

28. Experience with pointing gestures facilitates infant vocabulary growth through enhancement of sensorimotor brain activity / V.C. Salo, R. Debnath, M.L. Rowe, N.A. Fox // *Developmental Psychology*. 2023. Vol. 59(4). Art. ID 676. DOI: 10.1037/dev0001493

29. Возрастные особенности динамики альфа-ритма: краткий обзор / И.С. Поликанова, И.Н. Михеев, С.В. Леонов, О.В. Мартынова // *Клиническая и специальная психология*. 2024. Т. 13, № 4. С. 29–50. DOI: 10.17759/cpse.2024130402

30. Self-regulation and frontal EEG alpha activity during infancy and early childhood: A multilevel meta-analysis / M. Hofstee, J. Huijding, K. Cuevas, M. Deković // *Developmental Science*. 2022. Vol. 25(6). Art. ID e13298. DOI: 10.1111/desc.13298. Epub 2022 Jul 11. PMID: 35737962.

31. Особенности ЭЭГ-диагностики у детей с расстройствами аутистического спектра / Д.И. Чиж, Е.В. Петрова, В.С. Мужиков, Е.Н. Обедкина // *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2021. № 2. С. 69–82. DOI: 10.34014/2227-1848-2021-2-69-82.

32. Реактивность тета-ритма ЭЭГ у детей раннего возраста с разным уровнем помогающего поведения / А.А. Михайлова, Л.С. Орехова, Ю.О. Дягилева и др. // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2020. Т. 6 (72), № 3. С. 117–126. DOI: 10.37279/2413-1725-2020-6-3-117-126.

33. Мачинская Р.И. Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у детей младшего школьного возраста // *Физиология человека*. 2006. Т. 32, № 1. С. 26–36.

34. Особенности ЭЭГ у детей с задержками речевого развития / А.И. Кайда, А.А. Михайлова, Е.В. Эйсмонт и др. // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2019. Т. 5 (71), № 3. С. 12–21.

35. Немкова С.А., Болдырев В.Г. Задержки психоречевого развития у детей: современные подходы к диагностике и коррекции // *Нервные болезни*. 2025. № 2. С. 23–32. DOI: 10.24412/2226-0757-2025-13277

36. Mu rhythm dynamics suggest automatic activation of motor and premotor brain regions during speech processing / D.S. Oliveira, T. Saltuklaroglu, D. Thornton et al. // *Journal of Neurolinguistics*. 2021. Vol. 60. Art. ID 101006. DOI: 10.1016/j.jneuroling.2021.101006

37. Визель Т.Г. Роль функциональных интеграций в приобретении и распаде речевых навыков // *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена*. 2025. № 218. С. 194–204. DOI: 10.33910/1992-6464-2025-218-194-204.

38. Электроэнцефалографические исследования у детей с задержкой психомоторного и речевого развития / Ш.Ш. Шамансуров, Н.М. Зиямухамедова, Ч.А. Узакова, Г.С. Халимбетов // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2011. № 4. С. 88–89.

Поступила 02.04.2026; одобрена после рецензирования 15.05.2026; принята к публикации 18.05.2026.

Информация об авторах

Буракова Ирина Вадимовна, аспирант, Южный федеральный университет (Россия, 344006, Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6522-713X>; e-mail: burakova091@yandex.ru

Воробьева Елена Викторовна, доктор психологических наук, профессор, профессор Академии психологии и педагогики, Южный федеральный университет (Россия, 344006, Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8974-5655>; e-mail: evorob@sfedu.ru

Заявленный вклад авторов

Буракова И.В. – концепция исследования, сбор, систематизация и обработка эмпирического материала, статистическая обработка и анализ полученных результатов, написание текста статьи, обзор литературы.

Воробьева Е.В. – научное руководство, методологическое сопровождение исследования, критический анализ, научное редактирование и утверждение финального варианта рукописи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Nemkova S.A., Boldyrev V.G. Psychospeech delays in children: modern approaches to diagnosis and correction. *Nervnye bolezni = Nervous diseases*. 2025;2:23–32. (in Russ.). DOI: 10.24412/2226-0757-2025-13277
2. Ivanov M.V., Kozlovskaya G.V. Early childhood: psychological habilitation and prevention of mental development disturbances. *Voprosy psikhicheskogo zdorovya detei i podrostkov = Mental Health of Children and Adolescent*. 2022;22(4):111–118. (in Russ.).
3. Morkovina A.D., Shevchenko A.O., Stroganova V.V., Vartanov A.V. Analysis of psychophysiological mechanisms and approaches to the correction of pronunciation. *Natsionalnyi psikhologicheskii zhurnal = National Psychological Journal*. 2023;17(1):77–87. (in Russ.). DOI: 10.11621/npj.2023.0107
4. Mikshina E.P., Valkova I.A., Zigle L.A. Early Assistance Service – Experience of Providing Early Assistance in the Preschool Education System. *Den defektologii = Day of Defectology*. 2025;2(7):63–70. (in Russ.).
5. Chutko L.S., Surushkina S.Y., Yakovenko E.A. et al. Behavioral disorders in children with specific language impairment. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova = S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2021;121(5):57–61. (in Russ.). DOI: 10.17116/jnevro202112105157.
6. Grigorenko N.Yu. Typology of Deviations in Social Communication of Young Children with Various Variants of Developmental Delay. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii = Pedagogical Education in Russia*. 2021;3:188–194. (in Russ.). DOI: 10.26170/2079-8717_2021_03_22
7. Ismailov A.M., Zuev A.A. Organization and current understanding of speech function of the brain: literature review. *Neirokhirurgiya = Russian journal of neurosurgery*. 2022;24(3):80-89. (in Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-80-89
8. Nacharova M. A., Nacharov D. V., Pavlenko V. B. EEG Features in Children with Sensory Alalia. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya = Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2022;8(4):154–165. (in Russ.).
9. Fox N.A., Bell M.A. Electrophysiological indices of frontal lobe development. Relations to cognitive and affective behavior in human infants over the first year of life. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1990;608:677–698. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1990.tb48914.x.
10. Dolinina A.Y., Suleymanova E.M., Kornilov M.V. et al. Nonlinear properties of the brain theta rhythm. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Prikladnaya nelineinaya dinamika = Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*. 2025;33(6):873–897. (in Russ.). DOI: 10.18500/0869-6632-003188
11. Mkrtychian N.A., Kostromina S.N., Gnedykh D.S. et al. Psychological and electrophysiological correlates of word learning success. *Psychology in Russia: State of the Art*. 2021;14(2):171–192. DOI: 10.11621/pir.2021.0211
12. Choi D., Yeung H.H., Werker J.F. Sensorimotor foundations of speech perception in infancy. *Trends in Cognitive Sciences*. 2023;27(8):773–784. DOI: 10.1016/j.tics.2023.05.007
13. Igisheva L.N., Nechaeva I.A., Rumyantseva A.A., Shot Y.S. Genesis of Clinical Linguistics: Cognitive-Communication Disorders and Their Research Directions. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye i obshchestvennye nauki = Bulletin of Kemerovo State University. Series: Humanities and Social Sciences*. 2022;6(4):277–284. (in Russ.). DOI: 10.21603/2542-1840-2022-6-4-277-284
14. Franken M.K., Liu B.C., Ostry D.J. Towards a somatosensory theory of speech perception. *Journal of Neurophysiology*. 2022;128(6):1683–1695. DOI: 10.1152/jn.00381.2022
15. Ohashi H., Ostry D.J. Neural development of speech sensorimotor learning. *Journal of Neuroscience*. 2021;41(18):4023–4035. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2884-20.2021
16. Pavlova P.A. Electroencephalographic correlates of cognitive deficit in children who have had perinatal arterial ischemic stroke. *Rossiiskii psikhologicheskii zhurnal = Russian Psychological Journal*. 2019;16(S2/1):22–32. (in Russ.). DOI: 10.21702/rpj.2019.2.1.2

17. Nacharova M.A., Mikhailova A.A., Govorun Ya.Yu. et al. Neurophysiological Mechanisms of Speech Perception and Their Peculiarities in Healthy Children and Children with Developmental Disorders. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya* = *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2020;6(3):146–162. (in Russ.). DOI: 10.37279/2413-1725-2020-6-3-146-162
18. Mitiureva D., Bobrov P., Rebreikina A., Sysoeva O. An inclusive paradigm to study mu-rhythm properties. *International Journal of Psychophysiology*. 2023;190:42–55. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2023.05.353
19. Braithwaite E.K., Jones E.J.H., Johnson M.H. et al. Dynamic modulation of frontal theta power predicts cognitive ability in infancy. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2020;45:100818. DOI: 10.1016/j.dcn.2020.100818
20. Karakaş S. A review of theta oscillation and its functional correlates. *International Journal of Psychophysiology*. 2020;157:82–99. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2020.04.008.
21. Korobeinikova I.I., Karatygin N.A., Venerina Y.A. EEG correlates of result achievement in goal-directed activity in conditions of rhythmically organized optical stimulation with 10 Hz. *Metodicheskie aspekty i razrabotki. Psikhicheskoe zdorove* = *Methodological aspects and studies. Mental health*. 2020;7:9–15. (in Russ.). DOI: 10.25557/2074-014X.2020.07.9-15
22. Hofstee M., Huijding J., Cuevas K., Deković M. Self-regulation and frontal EEG alpha activity during infancy and early childhood: A multilevel meta-analysis. *Developmental Science*. 2022;25(6):e13298. DOI: 10.1111/desc.13298
23. Novikova S.I. EEG rhythms and cognitive processes. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie psyedu.ru* = *Journal of Modern Foreign Psychology*. 2015;4(1):91–108. Available at: <http://psyjournals.ru/en/jmfp/2015/n1/76188.shtml> (accessed: 24.02.2026). (in Russ.).
24. Davydova E.Y., Salimova K.R., Davydov D.V. et al. Understanding Speech in Primary Schoolchildren with Autism Spectrum Disorders and Its Relationship with EEG Characteristics. *Human Physiology*. 2023;49:225–234. DOI: 10.1134/S0362119723700354
25. Zhulina E.V., Solovyeva N.N. Prognostic Value of Neuropsychological Analysis of the Structure of Deviant Mental Development with Speech Delay. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya* = *Problems of modern pedagogical education*. 2016;52(7):163–169. (in Russ.).
26. Koshchavtsev A.G., Grechanyi S.V. Interpretation of electroencephalography in infants. *Epilepsiya i paroksizmalnye sostoyaniya* = *Epilepsy and paroxysmal conditions*. 2020;12(1):9–25. (in Russ.). DOI: 10.17749/2077-8333.2020.12.1.9-25
27. Franken MK, Liu BC, Ostry DJ. Towards a somatosensory theory of speech perception. *Journal of Neurophysiology*. 2022;128(6):1683–1695. DOI: 10.1152/jn.00381.2022.
28. Salo V.C., Debnath R., Rowe M.L., Fox N.A. Experience with pointing gestures facilitates infant vocabulary growth through enhancement of sensorimotor brain activity. *Developmental Psychology*. 2023;59(4):676. DOI: 10.1037/dev0001493
29. Polikanova I.S., Mikheev I.N., Leonov S.V., Martynova O.V. Age-related features of alpha rhythm dynamics: a brief review. *Klinicheskaya i spetsial'naya psikhologiya* = *Clinical Psychology and Special Education*. 2024;13(4):29–50. (in Russ.). DOI: 10.17759/cpse.2024130402
30. Hofstee M., Huijding J., Cuevas K., Deković M. Self-regulation and frontal EEG alpha activity during infancy and early childhood: A multilevel meta-analysis. *Developmental Science*. 2022;25(6):e13298. DOI: 10.1111/desc.13298.
31. Chizh D.I., Petrova E.V., Muzhikov V.S., Obedkina E.N. Peculiarities of EEG diagnostics in children with autism spectrum disorders. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal* = *Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2021;2:69–82. (in Russ.). DOI: 10.34014/2227-1848-2021-2-69-82
32. Mikhailova A.A., Orekhova L.S., Dyagileva Y.O. et al. EEG Theta Rhythm Reactivity in Early Childhood with Different Level of Helping Behavior. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya* = *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2020;6(3):117–126. (in Russ.). DOI: 10.37279/2413-1725-2020-6-3-117-126
33. Machinskaya R.I. Functional Maturation of the Brain and Formation of the Neurophysiological Mechanisms of Selective Voluntary Attention in Young Schoolchildren. *Fiziologiya cheloveka* = *Human Physiology*. 2006;32(1):26–36. (in Russ.).

34. Kaida A.I., Mikhailova A.A., Eismont E.V. et al. EEG Features in Children with Delayed Speech Development. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya* = *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2019;5(3):12–21. (in Russ.).

35. Nemkova S.A., Boldyrev V.G. Psychospeech Delays in Children: Modern Approaches to Diagnosis and Correction. *Nervnye bolezni* = *Nervous diseases*. 2025;2:23–32. (in Russ.). DOI: 10.24412/2226-0757-2025-13277

36. Oliveira D.S., Saltuklaroglu T., Thornton D. et al. Mu rhythm dynamics suggest automatic activation of motor and premotor brain regions during speech processing. *Journal of Neurolinguistics*. 2021;60:101006. DOI: 10.1016/j.jneuroling.2021.101006

37. Vizel T.G. The Role of Functional Integrations in the Acquisition and Disintegration of Speech Skills. *Izvestiya Rossiiskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena* = *Izvestia: Herzen University Journal of Humanities and Sciences*. 2025;218:194–204. (in Russ.). DOI: 10.33910/1992-6464-2025-218-194-204

38. Shamansurov Sh.Sh., Ziyamukhamedova N.M., Uzakova Ch.A., Khalimbetov G.S. Electroencephalographic studies in infants with psychomotor and speech retardation. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii* = *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2011;4:88–89. (in Russ.).

Submitted 02.04.2026; approved after reviewing 15.05.2026; accepted for publication 18.05.2026.

About the authors

Irina V. Burakova, PhD student, Southern Federal University (105/42 Bolshaya Sadovaya str., Rostov-on-Don, 344006, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6522-713X>; e-mail: burakova091@yandex.ru

Elena V. Vorobyeva, Doctor of Psychological Sciences, Professor, Professor at the Academy of Psychology and Pedagogy, Southern Federal University (105/42 Bolshaya Sadovaya str., Rostov-on-Don, 344006, Russia); e-mail: evorob@sfedu.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8974-5655>

Contribution of the authors

Burakova I.V. – study conceptualization, data collection and processing, statistical data analysis and interpretation of results, literature review, writing of the original draft.

Vorobyeva E.V. – scientific supervision, methodological support, critical analysis, scientific editing and final approval of the manuscript.

All authors have read and approved the final manuscript.