УДК: 616.899.65-053.2:616.89-008.434:004.8

НАРУШЕНИЯ РЕЧИ И СЕНСОМОТОРНОГО РАЗВИТИЯ ПРИ СИНДРОМЕ ДАУНА: ОТ ТРАДИЦИОННОЙ КОРРЕКЦИИ К ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА




Гулиева Парвина Ибрагим кизи, Джурабекова Азиза Тахировна
Самаркандский государственный медицинский университет, Республика Узбекистан, г. Самарканд

ДАУН СИНДРОМИДА НУТҚ ВА СЕНСОМОТОР РИВОЖЛАНИШ БУЗИЛИШЛАРИ: АНЪАНАВИЙ КОРРЕКЦИЯДАН СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИНГ ШАХСИЙЛАШТИРИЛГАН ТЕХНОЛОГИЯЛАРИГАЧА

Гулиева Парвина Ибрагим қизи, Джурабекова Азиза Тахировна
Самарқанд давлат тиббиёт университети, Ўзбекистон Республикаси, Самарқанд ш.

SPEECH AND SENSORIMOTOR DISORDERS IN DOWN SYNDROME: FROM CONVENTIONAL INTERVENTION TO PERSONALIZED ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

Gulieva Parvina Ibragim kizi, Djurabekova Aziza Takhirovna
Samarkand State Medical University, Republic of Uzbekistan, Samarkand

e-mail: info@sammu.uz

Резюме. *Шарҳда Даун синдромининг тарқалиши, унинг нейроривожланиш фенотипининг генетик ва нейробиологик асослари, болалардаги нутқ ва сенсомотор бузилишларнинг тузилиши ҳамда анъанавий логопедик ва ҳаракат коррекцияси усулларининг самарадорлиги ҳақидаги замонавий маълумотлар умумлаштирилган. Асосий клиник муаммолар рецептив ва экспрессив нутқ ўртасидаги номутаносиблик, яққол мотор-нутқ компонентига эга нутқ тушунарлилигининг пасайиши, йирик ва майда моториканинг кечикиб шаклланиши, мувозанат ва постурал назоратнинг етишмовчилиги эканлиги кўрсатилган. Тизимли шарҳлар ва метатаҳлиллар эрта нутқ ва ҳаракат коррекциясининг ижобий таъсирини тасдиқлайди, бироқ дастурларнинг бир хил эмаслиги, танланмаларнинг кичиклиги ва шаклланган кўникмаларнинг етарлича кўчирилмаслигини қайд этади. Объектив баҳолаш ва коррекцияни индивидуаллаштириш учун рақамли технологиялар ва сунъий интеллект (СИ) – нутқни автоматик таҳлил қилиш, компьютер кўриши, мослашувчан ўқув тизимлари имкониятлари кўриб чиқилган. Даун синдроми бўлган болаларда нутқ ва сенсомотор соҳаларга бир вақтда йўналтирилган комплекс СИ-дастурларнинг далиллар базаси етарли эмаслиги ҳамда уларни ишлаб чиқиш ва клиник валидациядан ўтказиш зарурлиги ҳақида хулоса қилинган.*

Калит сўзлар: *Даун синдроми, болалар, нутқ бузилишлари, нутқнинг тушунарлилиги, мотор-нутқ бузилишлари, сенсомотор ривожланиш, нейрореабилитация, сунъий интеллект, машинали ўқитиш, шахсийлаштириш.*

Abstract. *The review summarizes current data on the prevalence of Down syndrome, the genetic and neurobiological basis of its neurodevelopmental phenotype, the structure of speech and sensorimotor disorders in children, and the effectiveness of conventional speech-language and motor interventions. The leading clinical problems are the dissociation between receptive and expressive language, reduced speech intelligibility with a pronounced motor speech component, delayed gross and fine motor development, and insufficient balance and postural control. Systematic reviews and meta-analyses confirm the positive effect of early speech and motor intervention but point to the heterogeneity of programmes, small samples and limited transfer of acquired skills. The potential of digital technologies and artificial intelligence (AI) – automated speech analysis, computer vision and adaptive learning systems – for objective assessment and individualized intervention is discussed. The evidence base for comprehensive AI-based programmes simultaneously targeting the speech and sensorimotor domains in children with Down syndrome is insufficient, and their development and clinical validation are needed.*

Keywords: *Down syndrome, children, speech disorders, speech intelligibility, motor speech disorders, sensorimotor development, neurorehabilitation, artificial intelligence, machine learning, personalization.*

Синдром Дауна (трисомия 21) остаётся наиболее частой хромосомной причиной нарушений интеллектуального развития и одной из ключевых проблем детской неврологии, медицинской генетики и коррекционной педагогики. За последние десятилетия благодаря успехам кардиохирургии и педиатрической помощи продолжительность жизни людей с синдромом Дауна существенно выросла, в связи с чем на первый план вышли вопросы не выживания, а качества жизни, коммуникативной самостоятельности и социальной интеграции [4]. Именно речь и двигательная сфера в наибольшей степени определяют способность ребёнка общаться, обучаться и участвовать в повседневной деятельности.

Клиническая практика показывает, что дети с синдромом Дауна крайне неоднородны по уровню развития отдельных функций: у детей одного возраста могут существенно различаться словарный запас, разборчивость речи, моторные навыки и способность к произвольному планированию действий. Это ограничивает эффективность унифицированных коррекционных программ и диктует необходимость индивидуализированного подхода, основанного на объективной и регулярной оценке функционального профиля ребёнка [2]. Одновременно стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) – автоматического распознавания речи, компьютерного зрения, адаптивных обучающих систем – создаёт принципиально новые инструменты для количественной оценки и персонализации коррекции, однако их применимость именно у детей с синдромом Дауна изучена недостаточно, что определяет актуальность систематизации имеющихся научных данных.

Эпидемиология и генетические основы нейроразвитийного фенотипа. Частота синдрома Дауна составляет в среднем около 1 случая на 700–1000 живорождённых и существенно зависит от возраста матери, а также от доступности и практики пренатального скрининга в конкретной стране [4]. По расчётам G. de Graaf и соавт., в странах Европы в 2011–2015 гг. ежегодно рождалось около 8 тыс. детей с синдромом Дауна, тогда как при отсутствии прерываний беременности эта цифра превысила бы 17 тыс.; общее число людей с синдромом Дауна, проживающих в Европе, оценено более чем в 400 тыс. человек [9]. Сопоставимые расчёты для США свидетельствуют о более чем 200-тысячной популяции [8]. Эти данные подчёркивают, что речь идёт о многочисленной группе детей, нуждающихся в длительной и системной коррекционно-реабилитационной помощи, в том числе в странах Центральной Азии, где эпидемиологический мониторинг и программы абилитации только формируются.

В генетическом отношении около 95% случаев обусловлены свободной трисомией хромосомы 21 вследствие нерасхождения хромосом в мейозе, значительно реже встречаются робертсоновские транслокации и мозаичные формы [2]. Избыточная дозировка генов хромосомы 21 сопровождается уменьшением объёма головного мозга, особенно мозжечка, гиппокампа и лобных отделов, снижением плотности нейронов в коре, нарушениями синаптогенеза и миелинизации [12]. Поражение мозжечково-лобных систем рассматривается как нейробиологическая основа сочетания мышечной гипотонии, нарушений координации, моторного планирования и артикуляционной моторики, что делает речевые и сенсомоторные расстройства закономерными и взаимосвязанными проявлениями одного фенотипа.

Клиническую картину дополнительно отягощают сопутствующие состояния, прямо влияющие на речь и моторику: высокая частота кондуктивной и сенсоневральной тугоухости, связанной с рецидивирующими отитами и анатомическими особенностями слуховой трубы, патология зрения, гипотиреоз, врождённые пороки сердца, синдром обструктивного апноэ сна, нестабильность атлантоаксиального сочленения [5]. Современные рекомендации по диспансерному наблюдению предусматривают регулярный аудиологический и офтальмологический контроль, поскольку своевременная коррекция сенсорного дефицита является необходимым условием эффективности любых речевых и развивающих программ.

Особенности речевого развития и клинико-речевые нарушения. Речевое развитие при синдроме Дауна характеризуется типичным, хотя и индивидуально варьирующим профилем. Классические работы R.S. Chapman и L.J. Hesketh показали, что в поведенческом фенотипе синдрома относительно сильными сторонами являются зрительная обработка информации и социальная мотивация, тогда как слуховая кратковременная (вербальная рабочая) память и экспрессивная речь отстают в наибольшей степени [6]. Первые слова обычно появляются с задержкой, этап однословных высказываний затягивается, а переход к фразовой речи происходит значительно позже, чем у типично развивающихся сверстников [1].

Центральной особенностью является диссоциация между пониманием и продукцией речи: рецептивный словарь нередко соответствует уровню невербального интеллекта, тогда как активная речь, прежде всего морфосинтаксис,

существенно от него отстаёт. У детей и подростков отмечаются укороченные высказывания, пропуски служебных слов и грамматических морфем, трудности построения сложных предложений и связного рассказа; прагматические навыки и стремление к общению при этом относительно сохранны [14]. Такой профиль объясняет широкое использование жестов и средств альтернативной коммуникации на ранних этапах, которые не тормозят, а поддерживают развитие устной речи.

Отдельной клинической проблемой является низкая разборчивость речи, которая сохраняется в подростковом и взрослом возрасте и во многом определяет успешность социальной коммуникации. В обзоре R.D. Kent и H.K. Vorperian показано, что нарушения произношения при синдроме Дауна имеют многоуровневую природу и включают анатомические особенности (относительная макроглоссия при малом объёме ротовой полости, высокое нёбо, гипоплазия средней зоны лица), гипотонию артикуляционной и дыхательной мускулатуры, нарушения голоса и резонанса, фонологические ошибки, расстройства плавности речи и влияние снижения слуха [11]. Исследование однословной разборчивости у детей и взрослых с синдромом Дауна подтвердило её существенное снижение по сравнению с нормой при значительной межиндивидуальной вариабельности [21].

Важным для понимания механизмов нарушений стало признание моторного компонента речевого дефицита. В исследовании E.M. Wilson и соавт., в котором разговорная речь 45 подростков 10–20 лет с синдромом Дауна анализировалась перцептивными и акустическими методами по системе классификации речевых расстройств (SDCS), у подавляющего большинства участников выявлены признаки моторных расстройств речи – задержки развития речевой моторики, дизартрии и черт детской апраксии речи; авторы обосновали, что именно моторно-речевые нарушения должны служить основным ориентиром при выборе и последовательности целей терапии [22]. Сходные данные о сочетании апраксических и дизартрических признаков получены в описательном исследовании V. Rupela и соавт. [18]. Следовательно, коррекция произношения у ребёнка с синдромом Дауна не может ограничиваться постановкой отдельных звуков и должна включать работу над моторным программированием, дыханием, голосом и просодией.

Сенсомоторные нарушения. Сенсомоторное развитие при синдроме Дауна отличается замедленным темпом и своеобразием двигательных паттернов. Ведущими факторами являются мышечная гипотония, гипермобильность суставов, сниженная мышечная сила, недостаточность постуральных реакций и функции мозжечка. В исследовании R. Malak и соавт. показано, что основные двигательные вехи – самостоятельное сидение, ползание, стояние и ходьба – формируются у детей с синдромом Дауна с существенной задержкой, а сроки их достижения варьируют значительно шире, чем в популяции [13]. На основе данных клинической когорты P. Winders и соавт. разработали шкалу-график крупной моторики для детей с синдромом Дауна, позволяющую ориентироваться не на общепопуляционные, а на синдромоспецифические нормативы [23].

С возрастом двигательный дефицит не исчезает, а меняет свою структуру. Систематический обзор P.D. Jain и соавт. подтвердил, что у детей и подростков с синдромом Дауна сохраняются выраженные нарушения крупной моторики и равновесия, прежде всего динамического баланса, что ограничивает их участие в физической активности и повседневной жизни [10]. Существенны и нарушения мелкой моторики: трудности захвата, манипуляций с мелкими предметами, графомоторных навыков, которые напрямую отражаются на самообслуживании и обучении письму. Нарушения моторного планирования (диспраксия) проявляются трудностями выполнения новых последовательных движений по инструкции и подражанию, что роднит их с моторно-речевыми расстройствами и указывает на общие нейробиологические механизмы.

Сенсорный компонент включает особенности проприоцептивной и вестибулярной чувствительности, зрительно-моторной интеграции, а также слуховой обработки информации. Снижение качества сенсорной обратной связи затрудняет формирование точных двигательных и артикуляционных программ, поэтому в современной литературе речевые и двигательные нарушения всё чаще рассматриваются в рамках единого понятия сенсомоторного развития.

Взаимосвязь речевых, когнитивных и сенсомоторных функций. Современная нейрореабилитация постепенно переходит от изолированной оценки отдельных функций к анализу их взаимодействия. Речевая продукция требует согласованной работы слухового восприятия, фонологической обработки, вербальной рабочей памяти, исполнительных функций и тонкой артикуляционной моторики. Моторное развитие, в свою очередь, расширяет возможности исследования окружающего мира, совместного внимания и предметной деятельности, служащих основой формирования словаря и коммуникации [1].

Для ребёнка с синдромом Дауна характерен асимметричный нейропсихологический профиль: относительная сохранность зрительно-пространственной памяти и социального интереса сочетается с дефицитом вербальной рабочей памяти, внимания и исполнительного контроля [12]. Поэтому недостаточная эффективность логопедических занятий может объясняться не только собственно языковым дефицитом, но и нарушениями слуха, внимания, памяти, моторного планирования или сенсомоторной интеграции. Этот вывод формирует теоретическое обоснование комплексной оценки, результатом которой должен становиться единый клинико-речевой, нейропсихологический и сенсомоторный профиль ребёнка, а не набор разрозненных заключений разных специалистов.

Традиционные подходы к коррекции и их ограничения. Доказательная база речевых вмешательств при синдроме Дауна за последние годы заметно расширилась. Систематический обзор E. Seager и соавт., включивший 11 исследований с участием 242 детей в возрасте от рождения до 6 лет, показал, что наилучших результатов достигают программы высокой интенсивности, ориентированные на развитие языка и коммуникации в естественной среде и реализуемые совместно родителями и специалистами [19]. Метаанализ E. Smith и соавт. продемонстрировал, что целенаправленные языковые вмешательства эффективнее обычной практики или альтернативных программ, однако перенос навыков на нетренируемые компоненты языка достигался редко, а в большинстве исследований отмечен умеренный или высокий риск систематической ошибки [20]. Обзор E. Moraleda-Sepúlveda и соавт. подтвердил возможность улучшения различных компонентов речи – словаря, морфосинтаксиса, фонологии и прагматики – при значительной методологической неоднородности исследований [15].

В области двигательной реабилитации метаанализ E.I. Rodríguez-Grande и соавт., объединивший шесть исследований и 151 ребёнка в возрасте 0–3 лет, показал потенциальную эффективность терапевтических упражнений для улучшения моторных показателей, включая раннюю тренировку ходьбы на беговой дорожке [16]. У детей более старшего возраста нейромышечные программы способствовали увеличению силы, улучшению равновесия и гибкости, однако оптимальные параметры нагрузки, частоты и продолжительности занятий до сих пор не стандартизированы [17].

Общими ограничениями традиционной коррекции являются малые выборки и короткие сроки наблюдения, разнородность методик и конечных точек, преимущественная оценка одного функционального домена, субъективность и трудоёмкость оценки динамики, ограниченная доступность квалифицированных логопедов и реабилитологов, особенно за пределами крупных городов. При высокой межиндивидуальной вариабельности детей стандартизированные программы неизбежно оказываются для одних слишком сложными, а для других – недостаточно нагрузочными. Эти ограничения формируют запрос на технологии, способные обеспечить объективную оценку, частое повторение заданий и их адаптацию к текущему уровню ребёнка.

Цифровые технологии и искусственный интеллект в оценке и коррекции. Цифровые технологии уже используются в абилитации детей с синдромом Дауна. Одним из ранних примеров стало рандомизированное исследование Y.P. Wuang и соавт., в котором применение виртуальной реальности на основе игровой приставки Nintendo Wii сопровождалось улучшением сенсомоторных функций и зрительно-моторной интеграции по сравнению со стандартной эрготерапией [24]. Систематический обзор E. Boato и соавт., включивший 18 исследований, показал, что виртуальные и компьютерные технологии могут стимулировать глобальную моторику, равновесие, схему тела, пространственную организацию, когнитивные и учебные навыки [3]. Преимуществами цифровой среды являются высокая мотивация ребёнка, возможность многократного повторения и мгновенная обратная связь.

Цифровую программу и систему ИИ следует чётко разграничивать. Обычное компьютерное приложение выполняет заранее заданный алгоритм, тогда как интеллектуальная система анализирует данные конкретного пользователя и изменяет последующие действия с учётом полученных результатов. Именно способность к адаптации делает ИИ перспективным для персонализированной коррекции.

В речевой терапии наиболее развитым направлением является автоматизированный анализ речи. Обзор M. Dadgar и соавт., объединивший 30 исследований применения ИИ и машинного обучения в детской речевой и языковой терапии, показал использование глубоких нейронных сетей, классификаторов на основе акустических признаков и методов обработки аудиосигнала для оценки произношения, классификации ошибок, формирования индивидуальных планов терапии и обратной связи в реальном времени; при этом авторы указали на нерешённые вопросы клинической валидации, доступности и защиты персональных данных [7]. Для детей с синдромом Дауна такие системы особенно ценны возможностью количественно оценивать речевую

продукцию в большом числе повторных занятий, в том числе в домашних условиях. Однако алгоритмы распознавания речи, обученные преимущественно на речи типично развивающихся детей, не могут считаться валидными для этой группы по умолчанию: особенности артикуляции, голоса, темпа и низкая разборчивость [11, 22] требуют специального обучения и тестирования моделей на синдромоспецифических данных.

В сенсомоторной реабилитации перспективно применение компьютерного зрения и носимых сенсоров. Камера или датчик движения позволяют регистрировать положение тела и сегментов конечностей, а алгоритм – оценивать траекторию, амплитуду, скорость, симметрию и последовательность двигательного акта, то есть объективизировать равновесие, координацию и моторное планирование. У детей с синдромом Дауна системы виртуальной реальности и сенсорного захвата движений уже продемонстрировали возможность улучшения сенсомоторных функций [3, 24]. Следующим этапом является переход от стимуляции к автоматизированной количественной оценке движений с помощью алгоритмов машинного обучения, клиническая валидация которых в данной группе пока находится на начальной стадии.

Концептуально персонализированная ИИ-программа может функционировать как замкнутый цикл: первичная комплексная диагностика, формирование индивидуального цифрового профиля ребёнка, автоматический анализ речевых, когнитивных и сенсомоторных показателей, подбор комплекса заданий, их выполнение, автоматическая оценка результата и анализ ошибок, изменение сложности заданий, мониторинг динамики и экспертная коррекция программы специалистом. Такая модель позволяет перейти от принципа «одна программа для всех» к индивидуальной траектории развития, что особенно важно при выраженной неоднородности детей с синдромом Дауна. Принципиальным условием является сохранение ведущей роли специалиста: ИИ выступает инструментом объективизации и поддержки клинического решения, а не заменой логопеда, невролога или реабилитолога.

Нерешённые вопросы и перспективные направления исследований. Анализ литературы позволяет выделить ряд нерешённых вопросов. Во-первых, эффективность традиционных речевых и двигательных вмешательств доказана, однако оптимальные параметры их индивидуализации – возраст начала, интенсивность, продолжительность, сочетание методов – остаются неопределёнными. Во-вторых, цифровые технологии применяются при синдроме Дауна преимущественно для образовательной и психомоторной стимуляции, тогда как интеллектуальные адаптивные системы изучены значительно слабее. В-третьих, исследования ИИ в детской логопедии и реабилитации выполнены в основном на смешанных выборках, и данные именно о детях с синдромом Дауна единичны. В-четвёртых, большинство работ оценивает один домен – речь, моторику или когнитивные функции, – не учитывая их взаимосвязь.

В настоящее время практически отсутствуют клинически валидированные системы, которые одновременно оценивали бы речевую функцию и её моторный компонент, учитывали когнитивные особенности и сенсомоторный профиль ребёнка, формировали индивидуальный цифровой профиль, автоматически адаптировали сложность заданий, обеспечивали длительный мониторинг и предоставляли специалисту объективные данные для коррекции программы. Не решены также вопросы этики, защиты персональных данных несовершеннолетних, доступности технологий и их адаптации к национальным языкам, в том числе узбекскому и русскому. Перспективными направлениями являются создание синдромоспецифических речевых и двигательных баз данных, разработка мультимодальных моделей, объединяющих акустический анализ речи и анализ движений, и проведение контролируемых клинических исследований с длительным катамнезом.

Заключение. Речевые и сенсомоторные нарушения являются ведущими и взаимосвязанными компонентами нейроразвитийного фенотипа синдрома Дауна, имеют общую нейробиологическую основу и во многом определяют коммуникативные возможности, обучаемость и социальную адаптацию ребёнка. Их структура включает диссоциацию рецептивной и экспрессивной речи, низкую разборчивость с выраженным моторно-речевым компонентом, задержку и своеобразие крупной и мелкой моторики, недостаточность равновесия и моторного планирования, а также влияние сопутствующего сенсорного дефицита.

Ранние интенсивные речевые и двигательные вмешательства доказали свою эффективность, однако их результаты характеризуются выраженной индивидуальной вариабельностью, методологической неоднородностью исследований и ограниченным переносом навыков.

Цифровые технологии и системы ИИ открывают возможности объективной оценки речи и движений, адаптивного подбора заданий и непрерывного мониторинга, но их применение для

комплексной коррекции у детей с синдромом Дауна остаётся недостаточно изученным. Разработка и клиническая оценка персонализированных мультимодальных ИИ-программ, объединяющих клинико-неврологическую, нейропсихологическую, речевую и сенсомоторную диагностику с последующей адаптацией коррекции, представляется своевременной задачей, решение которой позволит перейти от стандартизированной помощи к персонализированной модели нейрореабилитации.

Литература:

1. Abbeduto L., Warren S.F., Conners F.A. Language development in Down syndrome: from the prelinguistic period to the acquisition of literacy // Ment Retard Dev Disabil Res Rev. 2007;13(3):247–261. doi: 10.1002/mrdd.20158.
2. Antonarakis S.E., Skotko B.G., Rafii M.S., Strydom A., Pape S.E., Bianchi D.W., Sherman S.L., Reeves R.H. Down syndrome // Nat Rev Dis Primers. 2020;6(1):9. doi: 10.1038/s41572-019-0143-7.
3. Boato E., Melo G., Filho M., Moresi E., Lourenço C., Tristão R. The use of virtual and computational technologies in the psychomotor and cognitive development of children with Down syndrome: a systematic literature review // Int J Environ Res Public Health. 2022;19(5):2955. doi: 10.3390/ijerph19052955.
4. Bobokhonov A., Rizaev J.A., Xudoykulov Sh.Sh. Improving the use of sedative medications in dental treatment of children with autism spectrum disorders based on AI technologies // Proceedings of the 2026 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon). 2026:158–163. doi: 10.1109/SmartIndustryCon68821.2026.11492797.
5. Bull M.J. Down syndrome // N Engl J Med. 2020;382(24):2344–2352. doi: 10.1056/NEJMra1706537.
6. Bull M.J., Trotter T., Santoro S.L., Christensen C., Grout R.W.; Council on Genetics. Health supervision for children and adolescents with Down syndrome // Pediatrics. 2022;149(5):e2022057010. doi: 10.1542/peds.2022-057010.
7. Chapman R.S., Hesketh L.J. Behavioral phenotype of individuals with Down syndrome // Ment Retard Dev Disabil Res Rev. 2000;6(2):84–95.
8. Dadgar M., Ennis C., Mokgosi K., Ross R. Artificial intelligence (AI)-driven technologies for managing pediatric speech and language therapy: a scoping review // Digit Health. 2025;11. doi: 10.1177/20552076251376533.
9. de Graaf G., Buckley F., Skotko B.G. Estimation of the number of people with Down syndrome in the United States // Genet Med. 2017;19(4):439–447. doi: 10.1038/gim.2016.127.
10. de Graaf G., Buckley F., Skotko B.G. Estimation of the number of people with Down syndrome in Europe // Eur J Hum Genet. 2021;29(3):402–410. doi: 10.1038/s41431-020-00748-y.
11. Inoyatova F.I., Primako V.I., Rizaev J.A., Nadjimutdinova N.Sh., Abdukayumov A.A., Mahmudov M.U. Result of a pilot project for universal newborn hearing screening in Taskent 2022 // Journal of Biomedicine and Practice. 2023;8(6):30–39. doi: 10.5281/zenodo.10541100.
12. Jain P.D., Nayak A., Karnad S.D., Doctor K.N. Gross motor dysfunction and balance impairments in children and adolescents with Down syndrome: a systematic review // Clin Exp Pediatr. 2022;65(3):142–149. doi: 10.3345/cep.2021.00479.
13. Kent R.D., Vorperian H.K. Speech impairment in Down syndrome: a review // J Speech Lang Hear Res. 2013;56(1):178–210.
14. Lott I.T., Dierssen M. Cognitive deficits and associated neurological complications in individuals with Down's syndrome // Lancet Neurol. 2010;9(6):623–633.
15. Malak R., Kostiukow A., Krawczyk-Wasielewska A., Mojs E., Samborski W. Delays in motor development in children with Down syndrome // Med Sci Monit. 2015;21:1904–1910. doi: 10.12659/MSM.893377.
16. Martin G.E., Klusek J., Estigarribia B., Roberts J.E. Language characteristics of individuals with Down syndrome // Top Lang Disord. 2009;29(2):112–132.
17. Moraleda-Sepúlveda E., López-Resa P., Pulido-García N., Delgado-Matute S., Simón-Medina N. Language intervention in Down syndrome: a systematic literature review // Int J Environ Res Public Health. 2022;19(10):6043. doi: 10.3390/ijerph19106043.
18. Rizaev J.A., Akhtamov Sh.D., Khazratov A.I., Kamariddinzoda M.K. Psycho-emotional disorders of children before dental intervention // Actual Problems of Dentistry and Maxillofacial Surgery. 2021:146–148.
19. Rizaev J.A., Ergasheva M.Ya. Impact of the COVID-19 pandemic on children with disabilities // Journal of Biomedicine and Practice. 2024;9(4). Ссылка на публикацию.
20. Rizaev J.A., Ergasheva M.Ya. Medical and social aspects of disability after neuroinfection in children and their rehabilitation // Journal of Biomedicine and Practice. 2024;9(1):325–331. Ссылка на публикацию.
21. Rizaev J.A., Khazratov A.I., Makhmudova A.N., Kamariddinzoda M.K. The use of tenoten for outpatient oral surgery in children // Journal of Modern Educational Achievements. 2023;3(3):10–19. Ссылка на публикацию.
22. Rizaev J.A., Khudoykulov Sh.Sh. Improvement of pharmacological sedation during dental treatment in children with autism spectrum disorders // Journal of Biomedicine and Practice. 2025;10(6):171–176. Ссылка на публикацию.

23. Rizaev J.A., Shamsiev Zh.A., Zayniev S.S. Organisation of medical care for children with congenital malformations of the gastrointestinal tract // Journal of Biomedicine and Practice. 2023;8(5):37–41. doi: 10.5281/zenodo.10079075.
24. Rizaev J.A., Shamsiev J.A., Zayniev S.S. Ways to optimise patient outcomes and improve the quality of medical care in surgically correctable congenital malformations in Samarkand // European Journal of Research Development and Sustainability. 2021;2(3):45–48. Ссылка на публикацию.
25. Rodríguez-Grande E.I., Buitrago-López A., Torres-Narváez M.R., et al. Therapeutic exercise to improve motor function among children with Down syndrome aged 0 to 3 years: a systematic literature review and meta-analysis // Sci Rep. 2022;12:13051. doi: 10.1038/s41598-022-16332-x.
26. Rodríguez-Grande E.I., Vargas-Pinilla O.C., Torres-Narváez M.R., Rodríguez-Malagón N. Neuromuscular exercise in children with Down syndrome: a systematic review // Sci Rep. 2022;12:14988. doi: 10.1038/s41598-022-19086-8.
27. Rupela V., Velleman S.L., Andrianopoulos M.V. Motor speech skills in children with Down syndrome: a descriptive study // Int J Speech Lang Pathol. 2016;18(5):483–492.
28. Seager E., Sampson S., Sin J., Pagnamenta E., Stojanovik V. A systematic review of speech, language and communication interventions for children with Down syndrome from 0 to 6 years // Int J Lang Commun Disord. 2022;57(2):441–463. doi: 10.1111/1460-6984.12699.
29. Smith E., Hokstad S., Næss K.-A.B. Children with Down syndrome can benefit from language interventions; results from a systematic review and meta-analysis // J Commun Disord. 2020;85:105992. doi: 10.1016/j.jcomdis.2020.105992.
30. Turakulov U.S., Rizaev J.A. Influence of the level of self-esteem on the experience of loneliness in adolescence // Journal of Neurology and Neurosurgery Research. 2023;4(3). doi: 10.5281/zenodo.7979614.
31. Wild A., Vorperian H.K., Kent R.D., Bolt D.M., Austin D. Single-word speech intelligibility in children and adults with Down syndrome // Am J Speech Lang Pathol. 2018;27(1):222–236.
32. Wilson E.M., Abbeduto L., Camarata S.M., Shriberg L.D. Estimates of the prevalence of speech and motor speech disorders in adolescents with Down syndrome // Clin Linguist Phon. 2019;33(8):772–789. doi: 10.1080/02699206.2019.1595735.
33. Winders P., Wolter-Warmerdam K., Hickey F. A schedule of gross motor development for children with Down syndrome // J Intellect Disabil Res. 2019;63(4):346–356.
34. Wuang Y.P., Chiang C.S., Su C.Y., Wang C.C. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome // Res Dev Disabil. 2011;32(1):312–321.

НАРУШЕНИЯ РЕЧИ И СЕНСОМОТОРНОГО РАЗВИТИЯ ПРИ СИНДРОМЕ ДАУНА: ОТ ТРАДИЦИОННОЙ КОРРЕКЦИИ К ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Гулиева П.И., Джурабекова А.Т.

Резюме. *В обзоре обобщены современные данные о распространённости синдрома Дауна, генетических и нейробиологических основах его нейроразвитийного фенотипа, структуре речевых и сенсомоторных нарушений у детей, а также об эффективности традиционных логопедических и двигательных вмешательств. Показано, что ведущими клиническими проблемами являются диссоциация между рецептивной и экспрессивной речью, сниженная разборчивость речи с выраженным моторно-речевым компонентом, задержка формирования крупной и мелкой моторики, недостаточность равновесия и постурального контроля. Систематические обзоры и метаанализы подтверждают положительный эффект ранней речевой и двигательной коррекции, однако указывают на неоднородность программ, малые выборки и слабый перенос сформированных навыков. Рассмотрены возможности цифровых технологий и искусственного интеллекта (ИИ) – автоматического анализа речи, компьютерного зрения, адаптивных обучающих систем – для объективной оценки и индивидуализации коррекции. Сделан вывод о недостаточной доказательной базе комплексных ИИ-программ, одновременно направленных на речевой и сенсомоторный домены у детей с синдромом Дауна, и о необходимости их разработки и клинической валидации.*

Ключевые слова: *синдром Дауна, дети, речевые нарушения, разборчивость речи, моторные расстройства речи, сенсомоторное развитие, нейрореабилитация, искусственный интеллект, машинное обучение, персонализация.*