



Обзорная статья
УДК 616-036
DOI: 10.37482/2687-1491-Z199

Диагностика когнитивной дисфункции при сахарном диабете 1-го типа в детском возрасте (обзор)

Юрий Витальевич Быков^{*/**} ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4705-3823>

*Ставропольский государственный медицинский университет
(Ставрополь, Россия)

**Городская детская клиническая больница имени Г.К. Филиппского
(Ставрополь, Россия)

Аннотация. Сахарный диабет 1-го типа – одна из распространенных эндокринопатий в детском возрасте, которая может проявляться в виде когнитивной дисфункции. Проведен поиск публикаций на английском и русском языках в базах данных PubMed, Cochrane Library, eLIBRARY.RU и Medscape с 2010 по 2023 год. Запрос выполнялся с использованием ключевых слов: type 1 diabetes mellitus, children, cognitive dysfunction и diagnosis. Работы, посвященные когнитивной дисфункции при сахарном диабете 1-го типа во взрослом возрасте, были исключены из обзора. Данное нарушение у детей имеет многофакторную этиологию с доказанными факторами риска: острая гипогликемия, хроническая гипергликемия, ранний дебют заболевания и выраженность диабетического кетоацидоза. Клинические проявления когнитивной дисфункции состоят в снижении памяти и внимания, уровня IQ, психомоторных реакций и когнитивной гибкости. У обследуемых с ранним дебютом заболевания (до 6 лет) они имеют более выраженный характер. Наиболее эффективными для диагностики когнитивной дисфункции у детей исследователи считают нейропсихологические методы: цветовой и словесный тест Струпа, тест на визуальное удержание Бентона, детский вариант теста Векслера, висконсинский тест на сортировку карт. К репрезентативным инструментальным методам относят магнитно-резонансную томографию, электроэнцефалографию, диффузионно-тензорную визуализацию и др. Они позволяют диагностировать анатомические и функциональные изменения в головном мозге у детей с сахарным диабетом 1-го типа. При помощи лабораторных методов можно выявить повышение уровней нейроспецифических белков и маркеров воспаления, которое указывает на повреждение головного мозга при данном заболевании. Необходимы дальнейшие исследования когнитивной дисфункции при сахарном диабете 1-го типа в педиатрической практике для уточнения диагностических критериев и методов профилактики этого осложнения.

Ключевые слова: дети с сахарным диабетом 1-го типа, когнитивная дисфункция, диагностика мозговых нарушений, нейроспецифические белки, нейропсихологическое тестирование, нейровизуализация

© Быков Ю. В., 2024

Ответственный за переписку: Юрий Витальевич Быков, адрес: 355003, г. Ставрополь, ул. Мира, д. 310; e-mail: yubikov@gmail.com

Для цитирования: Быков, Ю. В. Диагностика когнитивной дисфункции при сахарном диабете 1-го типа в детском возрасте (обзор) / Ю. В. Быков // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 3. – С. 399-410. – DOI 10.37482/2687-1491-Z199.

Review article

Diagnosis of Cognitive Dysfunction in Children with Type 1 Diabetes Mellitus (Review)

Yuri V. Bykov** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4705-3823>

*Stavropol State Medical University
(Stavropol, Russia)

**K.G. Filippisky City Children's Clinical Hospital
(Stavropol, Russia)

Abstract. Type 1 diabetes mellitus (DM) is a common childhood endocrinopathy that can present with cognitive dysfunction (CD). PubMed, Cochrane Library, eLIBRARY.RU and Medscape databases were searched for English- and Russian-language articles published from 2010 to 2023 using the following keywords: *type 1 diabetes mellitus, children, cognitive dysfunction and diagnosis*. Publications on CD in adult patients with type 1 DM were excluded from this review. In children with DM, the aetiology of CD is multifactorial and has the following confirmed risk factors: acute hypoglycaemia, chronic hyperglycaemia, early DM onset and pronounced diabetic ketoacidosis. CD manifests clinically with declined memory, attention, IQ scores, psychomotor reactions and cognitive flexibility. In children with an early disease onset (before the age of 6), CD manifestations are more pronounced. The neuropsychological methods considered part of the gold standard for CD diagnosis in children are: the Stroop Colour and Word Test, Benton Visual Retention Test, Wechsler Intelligence Scale for Children, and Wisconsin Card Sorting Test. The representative instrumental methods include magnetic resonance imaging, electroencephalography, diffusion tensor imaging, etc. They allow us to assess the anatomical and functional changes in the brain of children with type 1 DM. Laboratory-based methods can detect an increase in neurospecific proteins and inflammation markers, which indicates cerebral damage in patients with the disease. Further research is necessary on type 1 DM-associated CD in paediatric practice in order to improve the diagnostic criteria for this complication and its prevention methods.

Keywords: *children with type 1 diabetes mellitus, cognitive dysfunction, diagnosis of brain disorders, neurospecific proteins, neuropsychological testing, neuroimaging*

For citation: Bykov Yu.V. Diagnosis of Cognitive Dysfunction in Children with Type 1 Diabetes Mellitus (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 3, pp. 399–410. DOI: 10.37482/2687-1491-Z199

Сахарный диабет (СД) как наиболее частое нарушение обмена веществ на сегодняшний день является одной из основных проблем обще-

ственного здравоохранения [1]. СД 1-го типа – это форма эндокринопатии, характерная именно для детского и подросткового возраста, рост заболе-

Corresponding author: Yuri Bykov, address: ul. Mira 310, Stavropol, 355003, Russia; e-mail: yubykov@gmail.com

ваемости которой отмечается во всем мире [2–5]. Согласно данным современной статистики, в настоящее время СД 1-го типа является вторым по распространенности хроническим заболеванием, поражающим в основном пациентов в возрасте до 18 лет. Им страдают почти 15 млн детей во всем мире [6, 7].

СД 1-го типа – аутоиммунное заболевание, характеризующееся иммуноопосредованным разрушением β -клеток поджелудочной железы, приводящим к прекращению выработки инсулина, хронической гипергликемии и пожизненной зависимости от терапии экзогенным инсулином [2, 4, 8–10]. Хронически повышенный уровень глюкозы в крови при данном заболевании крайне негативно влияет на многие органы и системы, включая сетчатку, почки и центральную нервную систему (ЦНС) [4, 11]. У детей с СД 1-го типа могут обнаруживаться как хронические, так и острые нейрокогнитивные изменения, которые состоят в снижении когнитивных функций с отрицательным воздействием на скорость психомоторной реакции, когнитивную гибкость, внимание и зрительное восприятие [1, 9, 12].

Сегодня внимание исследователей в области эндокринологии сместилось с изучения диабетической нейропатии на оценку выраженности когнитивных изменений как основного фактора, определяющего качество жизни данного контингента пациентов [4, 12]. Однако в подавляющем большинстве современных работ объектом анализа являются взрослые пациенты с СД 2-го типа, при этом гораздо меньше известно о патофизиологической взаимосвязи между когнитивной дисфункцией (КД) и СД 1-го типа у детей и подростков [3, 4, 12]. В связи с этим очень часто тяжесть данного осложнения и его негативное влияние на состояние и качество жизни пациентов с СД 1-го типа в педиатрической практике недооцениваются, а КД остается недиагностированной и дети с эндокринопатией не получают необходимую терапию [13]. До сих пор ведутся открытые дискуссии относительно того, какие именно когнитивные функции нарушаются в детском возрасте при СД 1-го типа, каковы особенности

проявления подобных нарушений в зависимости от длительности заболевания и какие патофизиологические механизмы лежат в их основе [5].

Когнитивный дефицит может негативно влиять на эффективность лечения СД 1-го типа в детской практике, приводя к дальнейшему ухудшению гликемического контроля и дополнительным диабетическим осложнениям [14]. Таким образом, понимание и предотвращение снижения когнитивных функций у детей и подростков имеет большое значение для общественного здравоохранения [10, 15]. В связи с этим сегодня крайне важно найти новые диагностические и прогностические биомаркеры и терапевтические мишени для ранней диагностики, прогноза и своевременного лечения КД при СД 1-го типа [16].

Цель обзора – осветить методы и результаты диагностики КД при СД 1-го типа в детском возрасте. Поиск работ, опубликованных по данной теме на английском и русском языках в период с 1 января 2010 года по 31 мая 2023 года, проводился в международных базах данных PubMed, Cochrane Library, eLIBRARY.RU и Medscape с использованием ключевых слов: type 1 diabetes mellitus, children, cognitive dysfunction и diagnosis. В выборку вошли 46 публикаций, из них 38 зарубежных и 8 отечественных. Статьи, освещающие вопросы нарушения когнитивной функции у взрослых пациентов с СД 1-го типа, не рассматривались в связи с различием некоторых методов диагностики церебральной недостаточности в детском и взрослом возрасте.

Когнитивная дисфункция при СД 1-го типа в детском возрасте. Все большее число современных научных данных указывает на то, что СД 1-го типа может способствовать раннему развитию и ускорению возрастного прогрессирования различных форм когнитивных нарушений [5, 12]. Хотя патофизиология КД при данном заболевании плохо изучена, показано, что ее развитие связано с микро- и макрососудистыми нарушениями, а также с изменениями в структуре головного мозга (ГМ), потерей нейронов и церебральной атрофией [17]. КД на

фоне СД 1-го типа также может формироваться через патофизиологические процессы нейрональной токсичности, оксидативного стресса, распада продуктов гликирования и нарушения выработки инсулина [18]. Факторы риска КД при СД 1-го типа включают развитие заболевания в раннем возрасте, хроническую гипергликемию, диабетический кетоацидоз (ДКА) и эпизоды гипогликемии [8, 9, 19, 20]. Поскольку у формирующегося ГМ ребенка имеются более высокие потребности в энергии для роста и образования нейронов, чем у зрелого взрослого ГМ, дети с СД 1-го типа особенно восприимчивы к резким колебаниям гипер- и гипогликемии [8]. Детство и подростковый возраст – это периоды серьезных изменений в развитии ЦНС, нарушения метаболизма глюкозы в подобные чувствительные периоды могут иметь долгосрочные последствия для ГМ и связанных с ним когнитивных функций [7].

Показано, что наличие ДКА и степень выраженности гипергликемии у детей с СД 1-го типа оказывают максимально негативное влияние на функцию долговременной пространственной памяти в течение 3,5 месяцев после постановки диагноза [21]. Обнаружено, что выраженность когнитивных нарушений у подростков с СД 1-го типа имеет связь с количеством госпитализаций в отделение реанимации и длительностью заболевания, что может быть объяснено постепенной декомпенсацией нейропластичности ЦНС [3]. Исследования данной группы лиц показали, что при длительном течении СД 1-го типа степень подверженности гипергликемии отрицательно коррелирует с вербальным интеллектом, исполнительными функциями, обучаемостью и памятью, а при относительно короткой продолжительности болезни – только с вербальным интеллектом и исполнительными функциями [21].

Дети с СД 1-го типа подвергаются большему риску нарушений нейрокогнитивных функций по сравнению со своими сверстниками без СД, особенно в области памяти, обучения и исполнительных функций (например, рабочей памяти, переключения внимания и торможения реак-

ций) [14, 22]. Такие пациенты хуже справляются с задачами, требующими постоянного внимания, высокой скорости обработки информации, памяти и зрительно-пространственных функций [7]. Недавние метаанализы показывают, что у детей с данной эндокринопатией особенно страдают исполнительные функции, включая такие, как рабочая память и внимание [22]. Другими авторами установлено, что по сравнению с контрольной группой у пациентов с СД 1-го типа обычно снижается эффективность в следующих когнитивных областях: интеллект, психомоторная реакция, скорость обработки информации, зрительное и постоянное внимание, когнитивная гибкость и зрительное восприятие [12]. У некоторых пациентов с СД 1-го типа КД характеризовалась замедлением скорости и ухудшением гибкости мышления, но обучаемость и память были сохранены [12].

Показано, что у детей с ранним дебютом СД 1-го типа (возраст до 6 или 7 лет) наблюдается повышенный риск легкой или умеренно тяжелой КД, затрагивающей практически все когнитивные сферы, включая обучаемость и память [23]. Напротив, пациенты, у которых данное заболевание развивается после этого критического периода, как правило, имеют более ограниченную и менее тяжелую КД [23]. Эта группа набирает более низкие баллы, чем их здоровые сверстники, при тестировании интеллекта, устойчивости внимания, зрительно-пространственных навыков, психомоторной скорости и исполнительных функций, но демонстрирует в основном нормальные навыки обучения и запоминания [23].

Нейропсихологические методы диагностики КД. Золотым стандартом оценки когнитивных функций при СД 1-го типа на сегодняшний день считается нейропсихологическое тестирование [24]. При исследовании данного заболевания у детей фиксируются различные показатели нейрокогнитивной функции с помощью специальных нейрофизиологических методов, адаптированных для детей и подростков [15, 25]. Так, цветовой и словесный тесты Струпа применяется для диагностики

КД именно у детей и подростков [26]. Тест на визуальное удержание Бентона выявляет нарушения зрительного восприятия и зрительной памяти у обследуемых в возрасте от 8 лет [27]. Тест Векслера (детский вариант) позволяет проводить диагностику общего, а также вербального и невербального интеллекта [28]. С помощью висконсинского теста на сортировку карт можно проанализировать клинически значимые аспекты нарушений внимания в детском и подростковом возрасте [29].

Диагностика КД при СД 1-го типа в детском возрасте чаще всего включает измерение IQ, а также различные тесты для оценки исполнительных функций и памяти [15, 30]. Меньшее количество работ исследует показатели академической успеваемости или адаптивных навыков, используя тестирование с помощью опросника «Краткая шкала оценки психического статуса» (MMSE), тест на вербальную беглость, тест Струпа, тест комплексной фигуры Рея [15, 30].

Одна из проблем при интерпретации результатов нейропсихологического тестирования у детей с СД 1-го типа заключается в том, что в разных исследованиях использовались разные наборы тестов [15, 30]. Помимо этого, на достоверность эксперимента могут влиять определенные факторы (личные переживания, усталость пациента и т. д.), что снижает объективность данного метода [24]. В большинстве случаев нейропсихологическое тестирование является субъективным методом, который указывает на явные когнитивные нарушения, не обнаруживая доклинические формы патологического процесса [24]. В связи с этим на данный момент особенно актуальны нейропсихологические методики, направленные на обнаружение минимальной мозговой дисфункции, которая может быть диагностирована еще на доклиническом этапе формирования КД [31].

Инструментальные методы диагностики КД. Методы нейровизуализации часто применяются для изучения анатомических и функциональных изменений в ГМ детей с СД 1-го типа [15, 32, 33]. Однако в очень ограни-

ченном количестве исследований использовалась инструментальная диагностика пациентов с СД 1-го типа моложе 20 лет [34]. Те немногие из существующих работ показывают, что изменения объема ГМ обнаруживаются уже в детстве и оказывают долгосрочное негативное влияние на когнитивное функционирование человека во взрослой жизни [5]. Несколько методов, включая структурную и функциональную магнитно-резонансную томографию (МРТ), диффузионно-тензорную визуализацию (ДТВ), электроэнцефалографию (ЭЭГ), сегодня применяются для изучения связи между изменениями функции/структуры ГМ и КД при СД 1-го типа в детском возрасте [35].

Для обследования детей с СД 1-го типа обычно используется стандартная МРТ ГМ, с ее помощью оцениваются структурные особенности. Таким образом, обнаруживаются атрофия серого вещества и поражения белого вещества ГМ, которые являются общими структурными изменениями, связанными с КД у пациентов с СД 1-го типа [15, 32]. Также по данным МРТ определяется уменьшение объемов ГМ в корковых и подкорковых областях, включая парагиппокампальную, затылочную и нижнюю лобную [32]. Используя функциональную МРТ в покое, E. van Duinkerken et al. обнаружили нарушение функциональной коннективности и изменения в нейрональных сетях у пациентов с СД 1-го типа [36]. Другие результаты МРТ свидетельствуют, что более высокие показатели атрофии желудочков и поражений белого вещества гиппокампа коррелируют с ранним началом СД 1-го типа, а большие объемы гиппокампа связаны с рецидивирующей тяжелой гипогликемией [37].

С помощью протонной магнитно-резонансной спектроскопии определяется изменение метаболизма клеток ГМ в качестве возможного маркера КД при СД 1-го типа в детском возрасте [13]. ДТВ стала использоваться для оценки микроструктуры белого вещества у детей с СД 1-го типа. Метод основан на диффузии молекул воды в ГМ [15]. Диффузионно-взвешенные изображения с высоким угловым разрешени-

ем представляют собой усовершенствованную форму ДТВ, которая позволяет оценить микроструктуру белого вещества за счет лучшего пространственного разрешения пересекающихся волокон белого вещества ГМ [38]. У детей с СД 1-го типа изменения фракционной анизотропии и значений коэффициента диффузии (которые могут быть признаками повреждения аксонов и миелинизированных волокон) значимо коррелируют с тяжестью КД [10].

По данным ЭЭГ, дети с СД 1-го типа демонстрировали бóльшую префронтальную и лобно-теменную спектральную мощность в θ - и α -диапазонах по сравнению с контрольной группой [39]. При данном методе обследования наблюдались различия между пациентами с СД 1-го типа и здоровыми подростками, включая потерю высокочастотной активности в височной, лобной и затылочной областях и более низкие частоты в целом у детей с СД 1-го типа [5]. Сообщалось о транзиторных изменениях электрической активности в различных областях ГМ при гипергликемии среди подростков с СД 1-го типа. Концентрация глюкозы более 200 мг/дл (11 ммоль/л) во время сна была связана с увеличением мощности низкочастотных диапазонов ЭЭГ во всех областях ГМ и высоких частот в лобных и центральных областях [40].

Лабораторные методы диагностики КД. Нейроспецифические белки (НСБ) – это белки, являющиеся тканеспецифическими для ЦНС и служащие маркерами нейровоспаления, которые можно применять для диагностики когнитивного состояния у детей [41]. Недавние исследования показали, что анализ НСБ в биологических жидкостях (сыворотке крови и спинномозговой жидкости) может использоваться для оценки повреждения ГМ, в т. ч. при ДКА на фоне СД 1-го типа в детском возрасте [42]. Белок S-100B, глиальный фибриллярный кислый белок и основной белок миелина служат ранними маркерами КД у подростков с СД 1-го типа без ДКА, содержание которых коррелировало с гипергликемией и когнитивным де-

фицитом [43]. Дети с СД 1-го типа имели более низкий уровень BDNF (НСБ, стимулирующий и поддерживающий развитие нейронов), низкие концентрации которого имели достоверную отрицательную корреляцию с выраженностью КД [8].

У детей с ДКА средней/тяжелой степени тяжести с проявлениями КД наблюдались повышенные уровни С-реактивного белка (СРБ) и IL-6, лейкоцитоз и нейтрофилез без наличия очага инфекции [44]. Поскольку было обнаружено, что СРБ тесно связан с воспалительным IL-6, длительное повышение его уровня у детей с тяжелым ДКА может служить маркером развития КД [44].

Другими авторами было показано, что при стимуляции Toll-подобных рецепторов (TLR) происходит высвобождение провоспалительных цитокинов и хемокинов, которое приводит к повреждению сосудов ГМ [18]. В эксперименте с подавлением TLR4 при СД 1-го типа у мышей регистрировались нормальные когнитивные функции [45]. КД значительно коррелировала с уровнями HbA1c, триглицеридов сыворотки крови, липопротеинов низкой плотности, липопротеинов очень низкой плотности и СРБ [46].

КД, связанная с СД 1-го типа, может обнаруживаться у детей и подростков вскоре после начала заболевания, а также на фоне его длительного течения. Клинические изменения КД коррелируют с трансформациями в ГМ и обусловлены метаболическими последствиями СД 1-го типа (неудовлетворительный гликемический контроль). Необходимы дальнейшие исследования для диагностики когнитивных нарушений при данной эндокринопатии. Такие работы должны включать одновременную объективную оценку нейрокогнитивных функций, использование методов нейровизуализации и лабораторный контроль. Понимание развития ГМ с возрастом является новой проблемной областью, а определение влияния СД 1-го типа на этот процесс еще находится в начальной стадии изучения.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Список литературы

1. Pourabbasi A., Tehrani-Doost M., Ebrahimi Qavam S., Larijani B. Evaluation of the Correlation Between Type 1 Diabetes and Cognitive Function in Children and Adolescents, and Comparison of This Correlation with Structural Changes in the Central Nervous System: A Study Protocol // *BMJ Open*. 2016. Vol. 6, № 4. Art. № e007917. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-007917>
2. Lancrei H.M., Yeshayahu Y., Grossman E.S., Berger I. Sweet but Sour: Impaired Attention Functioning in Children with Type 1 Diabetes Mellitus // *Front. Hum. Neurosci.* 2022. Vol. 16. Art. № 895835. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.895835>
3. Быков Ю.В. Анализ когнитивных нарушений у детей с сахарным диабетом I типа в зависимости от стадии заболевания // *Вестн. соврем. клин. медицины*. 2021. Т. 14, № 2. С. 12–15. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2021.14\(2\).12-15](https://doi.org/10.20969/VSKM.2021.14(2).12-15)
4. Быков Ю.В., Батурич В.А. Когнитивные нарушения при сахарном диабете I типа // *Сиб. науч. мед. журн.* 2023. Т. 43, № 1. С. 4–12. <https://doi.org/10.18699/SSMJ20230101>
5. Litmanovitch E., Geva R., Rachmiel M. Short and Long Term Neuro-Behavioral Alterations in Type 1 Diabetes Mellitus Pediatric Population // *World J. Diabetes*. 2015. Vol. 6, № 2. P. 259–270. <https://doi.org/10.4239/wjd.v6.i2.259>
6. Katsarou A., Gudbjörnsdottir S., Rawshani A., Dabelea D., Bonifacio E., Anderson B.J., Jacobsen L.M., Schatz D.A., Lernmark Å. Type 1 Diabetes Mellitus // *Nat. Rev. Dis. Primers*. 2017. Vol. 3. Art. № 17016. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.16>
7. Foland-Ross L.C., Buckingham B., Mauras N., Arbelaez A.M., Tamborlane W.V., Tsalikian E., Cato A., Tong G., Englert K., Mazaika P.K., Reiss A.L. Executive Task-Based Brain Function in Children with Type 1 Diabetes: An Observational Study // *PLoS Med*. 2019. Vol. 16, № 12. Art. № e1002979. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002979>
8. Chen H.-J., Lee Y.-J., Huang C.-C., Lin Y.-F., Li S.-T. Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor and Neurocognitive Function in Children with Type 1 Diabetes // *J. Formos. Med. Assoc.* 2021. Vol. 120, № 1, pt. 1. P. 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2020.04.011>
9. DiMeglio L.A., Evans-Molina C., Oram R.A. Type 1 Diabetes // *Lancet*. 2018. Vol. 391, № 10138. P. 2449–2462. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)31320-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)31320-5)
10. Toprak H., Yetis H., Alkan A., Filiz M., Kurtcan S., Aralasmak A., Aksu M.Ş., Cesur Y. Relationships of DTI Findings with Neurocognitive Dysfunction in Children with Type 1 Diabetes Mellitus // *Br. J. Radiol.* 2016. Vol. 89, № 1059. Art. № 20150680. <https://doi.org/10.1259/bjr.20150680>
11. Hardigan T., Ward R., Ergul A. Cerebrovascular Complications of Diabetes: Focus on Cognitive Dysfunction // *Clin. Sci*. 2016. Vol. 130, № 20. P. 1807–1822. <https://doi.org/10.1042/cs20160397>
12. Shalimova A., Graff B., Gąsecki D., Wolf J., Sabisz A., Szurowska E., Jodzio K., Narkiewicz K. Cognitive Dysfunction in Type 1 Diabetes Mellitus // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2019. Vol. 104, № 6. P. 2239–2249. <https://doi.org/10.1210/je.2018-01315>
13. Самойлова Ю.Г., Ротканк М.А., Жукова Н.Г., Матвеева М.В., Толмачев И.В., Кудлай Д.А. Маркеры когнитивных нарушений и вариабельность гликемии у пациентов с сахарным диабетом 1-го типа // *Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2018. Т. 118, № 4. С. 48–51. <https://doi.org/10.17116/jnevro20181184148-51>
14. Cato A., Hershey T. Cognition and Type 1 Diabetes in Children and Adolescents // *Diabetes Spectr.* 2016. Vol. 29, № 4. P. 197–202. <https://doi.org/10.2337/ds16-0036>
15. Jaser S.S., Jordan L.C. Brain Health in Children with Type 1 Diabetes: Risk and Protective Factors // *Curr. Diabetes Rep.* 2021. Vol. 21, № 4. Art. № 12. <https://doi.org/10.1007/s11892-021-01380-w>
16. Pujar M., Vastrad B., Kavatagimath S., Vastrad C., Kotturshetti S. Identification of Candidate Biomarkers and Pathways Associated with Type 1 Diabetes Mellitus Using Bioinformatics Analysis // *Sci. Rep.* 2022. Vol. 12, № 1. Art. № 9157. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13291-1>
17. Seaquist E.R. The Impact of Diabetes on Cerebral Structure and Function // *Psychosom. Med.* 2015. Vol. 77, № 6. P. 616–621. <https://doi.org/10.1097/psy.0000000000000207>
18. Матвеева М.В., Самойлова Ю.Г., Жукова Н.Г., Кудлай Д.А., Ротканк М.А., Лейман О.П. Редкие генетические маркеры когнитивных нарушений при сахарном диабете // *Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019. Т. 119, № 2. С. 76–79. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911902176>

19. Barnea-Goraly N., Raman M., Mazaika P., Marzelli M., Hershey T., Weinzimer S.A., Aye T., Buckingham B., Mauras N., White N.H., Fox L.A., Tansey M., Beck R.W., Ruedy K.J., Kollman C., Cheng P., Reiss A.L. Alterations in White Matter Structure in Young Children with Type 1 Diabetes // *Diabetes Care*. 2014. Vol. 37, № 2. P. 332–340. <https://doi.org/10.2337/dc13-1388>
20. Cameron F.J., Northam E.A., Ryan C.M. The Effect of Type 1 Diabetes on the Developing Brain // *Lancet Child Adolesc. Health*. 2019. Vol. 3, № 6. P. 427–436. [https://doi.org/10.1016/s2352-4642\(19\)30055-0](https://doi.org/10.1016/s2352-4642(19)30055-0)
21. Semenkovich K., Bischoff A., Doty T., Nelson S., Siller A.F., Hershey T., Arbeláez A.M. Clinical Presentation and Memory Function in Youth with Type 1 Diabetes // *Pediatr. Diabetes*. 2016. Vol. 17, № 7. P. 492–499. <https://doi.org/10.1111/pedi.12314>
22. Broadley M.M., White M.J., Andrew B. A Systematic Review and Meta-Analysis of Executive Function Performance in Type 1 Diabetes Mellitus // *Psychosom. Med*. 2017. Vol. 79, № 6. P. 684–696. <https://doi.org/10.1097/psy.0000000000000460>
23. Ryan C.M., van Duinkerken E., Rosano C. Neurocognitive Consequences of Diabetes // *Am. Psychol*. 2016. Vol. 71, № 7. P. 563–576. <https://doi.org/10.1037/a0040455>
24. Самойлова Ю.Г., Ротканк М.А., Жукова Н.Г., Матвеева М.В., Олейник О.А. Значимость различных методов диагностики когнитивной дисфункции у пациентов с сахарным диабетом 1-го типа // *Лечащий врач*. 2016. № 6. С. 86.
25. Abo-el-Asrar M., Andrawes N.G., Rabie M.A., Aly El-Gabry D., Khalifa A.-G., El-Sherif M., Abdel Aziz K. Cognitive Functions in Children and Adolescents with Early-Onset Diabetes Mellitus in Egypt // *Appl. Neuropsychol. Child*. 2018. Vol. 7, № 1. P. 21–30. <https://doi.org/10.1080/21622965.2016.1224186>
26. Scarpina F., Tagini S. The Stroop Color and Word Test // *Front. Psychol*. 2017. Vol. 8. Art. № 557. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00557>
27. Segabinazi J.D., Pawlowski J., Zanini A.M., Wagner G.P., Sbicigo J.B., Trentini C.M., Hutz C.S., de Salles J.F., Bandeira D.R. Age, Education and Intellectual Quotient Influences: Structural Equation Modeling on the Study of Benton Visual Retention Test (BVRT) // *Span. J. Psychol*. 2020. Vol. 23. Art. № e27. <https://doi.org/10.1017/sjp.2020.30>
28. Na S.D., Burns T.G. Wechsler Intelligence Scale for Children-V: Test Review // *Appl. Neuropsychol. Child*. 2016. Vol. 5, № 2. P. 156–160. <https://doi.org/10.1080/21622965.2015.1015337>
29. Miles S., Howlett C.A., Berryman C., Nedeljkovic M., Moseley G.L., Phillipou A. Considerations for Using the Wisconsin Card Sorting Test to Assess Cognitive Flexibility // *Behav. Res. Methods*. 2021. Vol. 53, № 5. P. 2083–2091. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01551-3>
30. Macedo L.B.C., Foss M.P., Galera C.A. Cognitive Impairments in Type 1 Diabetes Mellitus: Integrative Review // *Psicologia: Teoria e Prática*. 2023. Vol. 25, № 1. <http://dx.doi.org/10.5935/1980-6906/ePTPPA14344.en>
31. Глущенко В.В., Шабанов П.Д. Минимальная дисфункция мозга. М.: Бином, 2013. 318 с.
32. Матвеева М.В., Самойлова Ю.Г., Жукова Н.Г., Толмачев И.В., Бразовский К.С., Лейман О.П., Филушкина Н.Ю., Тонких О.С. Нейровизуализационные методики оценки головного мозга при сахарном диабете (литературный обзор) // *Бюл. сиб. медицины*. 2020. Т. 19, № 2. С. 189–194. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2020-2-189-194>
33. Mazaika P.K., Weinzimer S.A., Mauras N., Buckingham B., White N.H., Tsalikian E., Hershey T., Cato A., Aye T., Fox L., Wilson D.M., Tansey M.J., Tamborlane W., Peng D., Raman M., Marzelli M., Reiss A.L. Variations in Brain Volume and Growth in Young Children with Type 1 Diabetes // *Diabetes*. 2016. Vol. 65, № 2. P. 476–485. <https://doi.org/10.2337/db15-1242>
34. Arbelaez A.M., Semenkovich K., Hershey T. Glycemic Extremes in Youth with T1DM: The Structural and Functional Integrity of The Developing Brain // *Pediatr. Diabetes*. 2013. Vol. 14, № 8. P. 541–553. <https://doi.org/10.1111/pedi.12088>
35. Biessels G.J., Reijmer Y.D. Brain Changes Underlying Cognitive Dysfunction in Diabetes: What Can We Learn from MRI? // *Diabetes*. 2014. Vol. 63, № 7. P. 2244–2252. <https://doi.org/10.2337/db14-0348>
36. van Duinkerken E., Schoonheim M.M., Sanz-Arigita E.J., IJzerman R.G., Moll A.C., Snoek F.J., Ryan C.M., Klein M., Diamant M., Barkhof F. Resting-State Brain Networks in Type 1 Diabetic Patients with and Without Microangiopathy and Their Relation to Cognitive Functions and Disease Variables // *Diabetes*. 2012. Vol. 61, № 7. P. 1814–1821. <https://doi.org/10.2337/db11-1358>
37. Hershey T., Perantie D.C., Wu J., Weaver P.M., Black K.J., White N.H. Hippocampal Volumes in Youth with Type 1 Diabetes // *Diabetes*. 2010. Vol. 59, № 1. P. 236–241. <https://doi.org/10.2337/db09-1117>

38. Berman J.I., Lanza M.R., Blaskey L., Edgar J.C., Roberts T.P.L. High Angular Resolution Diffusion Imaging Probabilistic Tractography of the Auditory Radiation // *Am. J. Neuroradiol.* 2013. Vol. 34, № 8. P. 1573–1578. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a3471>
39. Gallardo-Moreno G.B., González-Garrido A.A., Villaseñor-Cabrera T., Alvarado-Rodríguez F.J., Ruiz-Stovel V.D., Jiménez-Maldonado M.E., Contreras-Piña N., Gómez-Velázquez F.R. Sustained Attention in Schoolchildren with Type-1 Diabetes. A Quantitative EEG Study // *Clin. Neurophysiol.* 2020. Vol. 131, № 10. P. 2469–2478. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.07.013>
40. Rachmiel M., Cohen M., Heymen E., Lezinger M., Inbar D., Gilat S., Bistrizter T., Leshem G., Kan-Dror E., Lahat E., Ekstein D. Hyperglycemia Is Associated with Simultaneous Alterations in Electrical Brain Activity in Youths with Type 1 Diabetes Mellitus // *Clin. Neurophysiol.* 2016. Vol. 127, № 2. P. 1188–1195. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.07.011>
41. Ефимова В.Л., Николаева Е.И., Коньшина Н.В., Голосная Г.С. Возможность использования белков, являющихся маркерами нейровоспаления, для оценки когнитивного состояния детей // *Соврем. вопр. биомедицины.* 2023. Т. 7, № 2(23). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2023_07_02_6
42. Elshorbagy H.H., Barseem N.F., Elsadek A.E., Al-shokary A.H., Maksoud Y.H.A., Abdulsamea S.E., Talaat I.M., Suliman H.A., Kamal N.M., Abdelghani W.E., Azab S.M., El Din D.M.N. Serum Neuron-Specific Enolase and S100 Calcium-Binding Protein B in Pediatric Diabetic Ketoacidosis // *J. Clin. Res. Pediatr. Endocrinol.* 2019. Vol. 11, № 4. P. 374–387. <https://doi.org/10.4274/jcrpe.galenos.2019.2018.0280>
43. Новоселова М.В., Самойлова Ю.Г., Жукова Н.Г. Содержание нейроспецифических белков при когнитивных нарушениях у пациентов с сахарным диабетом 1-го типа // *Клин. медицина.* 2014. Т. 92, № 8. С. 46–49.
44. Karavanaki K., Kakleas K., Georga S., Bartzeliotou A., Mavropoulos G., Tsouvalas M., Vogiatzi A., Papassotiriou I., Karayianni C. Plasma High Sensitivity C-Reactive Protein and Its Relationship with Cytokine Levels in Children with Newly Diagnosed Type 1 Diabetes and Ketoacidosis // *Clin. Biochem.* 2012. Vol. 45, № 16–17. P. 1383–1388. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2012.05.003>
45. Kawamoto E.M., Cutler R.G., Rothman S.M., Mattson M.P., Camandola S. TLR4-Dependent Metabolic Changes Are Associated with Cognitive Impairment in an Animal Model of Type 1 Diabetes // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2014. Vol. 443, № 2. P. 731–737. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2013.12.039>
46. Kumar N., Singh V.B., Meena B.L., Kumar D., Saini M.L., Tiwari A. Mild Cognitive Impairment in Young Type 1 Diabetes Mellitus Patients and Correlation with Diabetes Control, Lipid Profile, and High-Sensitivity C-Reactive Protein // *Indian J. Endocrinol. Metab.* 2018. Vol. 22, № 6. P. 780–784. https://doi.org/10.4103/ijem.ijem_58_18

References

1. Pourabbasi A., Tehrani-Doost M., Ebrahimi Qavam S., Larijani B. Evaluation of the Correlation Between Type 1 Diabetes and Cognitive Function in Children and Adolescents, and Comparison of This Correlation with Structural Changes in the Central Nervous System: A Study Protocol. *BMJ Open*, 2016, vol. 6, no. 4. Art. no. e007917. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-007917>
2. Lancrei H.M., Yeshayahu Y., Grossman E.S., Berger I. Sweet but Sour: Impaired Attention Functioning in Children with Type 1 Diabetes Mellitus. *Front. Hum. Neurosci.*, 2022, vol. 16. Art. no. 895835. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.895835>
3. Bykov Yu.V. Cognitive Disorders Analysis in Children with Diabetes Mellitus Type I Depending on the Stage of the Disease. *Bull. Contemp. Clin. Med.*, 2021, vol. 14, no. 2, pp. 12–15 (in Russ.). [https://doi.org/10.20969/VSKM.2021.14\(2\).12-15](https://doi.org/10.20969/VSKM.2021.14(2).12-15)
4. Bykov Yu.V., Baturin V.A. Cognitive Impairments in Type 1 Diabetes Mellitus. *Sib. Sci. Med. J.*, 2023, vol. 43, no. 1, pp. 4–12 (in Russ.). <https://doi.org/10.18699/SSMJ20230101>
5. Litmanovitch E., Geva R., Rachmiel M. Short and Long Term Neuro-Behavioral Alterations in Type 1 Diabetes Mellitus Pediatric Population. *World J. Diabetes*, 2015, vol. 6, no. 2, pp. 259–270. <https://doi.org/10.4239/wjd.v6.i2.259>
6. Katsarou A., Gudbjörnsdottir S., Rawshani A., Dabelea D., Bonifacio E., Anderson B.J., Jacobsen L.M., Schatz D.A., Lernmark Å. Type 1 Diabetes Mellitus. *Nat. Rev. Dis. Primers*, 2017, vol. 3. Art. no. 17016. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.16>

7. Foland-Ross L.C., Buckingham B., Mauras N., Arbelaez A.M., Tamborlane W.V., Tsalikian E., Cato A., Tong G., Englert K., Mazaika P.K., Reiss A.L. Executive Task-Based Brain Function in Children with Type 1 Diabetes: An Observational Study. *PLoS Med.*, 2019, vol. 16, no. 12. Art. no. e1002979. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002979>
8. Chen H.-J., Lee Y.-J., Huang C.-C., Lin Y.-F., Li S.-T. Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor and Neurocognitive Function in Children with Type 1 Diabetes. *J. Formos. Med. Assoc.*, 2021, vol. 120, no. 1, pt. 1, pp. 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2020.04.011>
9. DiMeglio L.A., Evans-Molina C., Oram R.A. Type 1 Diabetes. *Lancet*, 2018, vol. 391, no. 10138, pp. 2449–2462. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)31320-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)31320-5)
10. Toprak H., Yetis H., Alkan A., Filiz M., Kurtcan S., Aralasmak A., Aksu M.Ş., Cesur Y. Relationships of DTI Findings with Neurocognitive Dysfunction in Children with Type 1 Diabetes Mellitus. *Br. J. Radiol.*, 2016, vol. 89, no. 1059. Art. no. 20150680. <https://doi.org/10.1259/bjr.20150680>
11. Hardigan T., Ward R., Ergul A. Cerebrovascular Complications of Diabetes: Focus on Cognitive Dysfunction. *Clin. Sci. (Lond.)*, 2016, vol. 130, no. 20, pp. 1807–1822. <https://doi.org/10.1042/cs20160397>
12. Shalimova A., Graff B., Gąsecki D., Wolf J., Sabisz A., Szurowska E., Jodzio K., Narkiewicz K. Cognitive Dysfunction in Type 1 Diabetes Mellitus. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2019, vol. 104, no. 6, pp. 2239–2249. <https://doi.org/10.1210/je.2018-01315>
13. Samoylova Yu.G., Rotkank M.A., Zhukova N.G., Matveeva M.V., Tolmachev I.V., Kudlay D.A. Markery kognitivnykh narusheniy i variabel'nost' glikemii u patsientov s sakharnym diabetom 1-go tipa [Markers for Cognitive Impairments and Variability of Glycaemia in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 2018, vol. 118, no. 4, pp. 48–51. <https://doi.org/10.17116/jnevro20181184148-51>
14. Cato A., Hershey T. Cognition and Type 1 Diabetes in Children and Adolescents. *Diabetes Spectr.*, 2016, vol. 29, no. 4, pp. 197–202. <https://doi.org/10.2337/ds16-0036>
15. Jaser S.S., Jordan L.C. Brain Health in Children with Type 1 Diabetes: Risk and Protective Factors. *Curr. Diabetes Rep.*, 2021, vol. 21, no. 4. Art. no. 12. <https://doi.org/10.1007/s11892-021-01380-w>
16. Pujar M., Vastrad B., Kavatagimath S., Vastrad C., Kotturshetti S. Identification of Candidate Biomarkers and Pathways Associated with Type 1 Diabetes Mellitus Using Bioinformatics Analysis. *Sci. Rep.*, 2022, vol. 12, no. 1. Art. no. 9157. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13291-1>
17. Seaquist E.R. The Impact of Diabetes on Cerebral Structure and Function. *Psychosom. Med.*, 2015, vol. 77, no. 6, pp. 616–621. <https://doi.org/10.1097/psy.0000000000000207>
18. Matveeva M.V., Samoylova Yu.G., Zhukova N.G., Kudlay D.A., Rotkank M.A., Leyman O.P. Redkie geneticheskie markery kognitivnykh narusheniy pri sakharnom diabete [Rare Genetic Markers of Cognitive Impairment in Diabetes Mellitus]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 2019, vol. 119, no. 2, pp. 76–79. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911902176>
19. Barnea-Goraly N., Raman M., Mazaika P., Marzelli M., Hershey T., Weinzimer S.A., Aye T., Buckingham B., Mauras N., White N.H., Fox L.A., Tansey M., Beck R.W., Ruedy K.J., Kollman C., Cheng P., Reiss A.L. Alterations in White Matter Structure in Young Children with Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*, 2014, vol. 37, no. 2, pp. 332–340. <https://doi.org/10.2337/dc13-1388>
20. Cameron F.J., Northam E.A., Ryan C.M. The Effect of Type 1 Diabetes on the Developing Brain. *Lancet Child Adolesc. Health*, 2019, vol. 3, no. 6, pp. 427–436. [https://doi.org/10.1016/s2352-4642\(19\)30055-0](https://doi.org/10.1016/s2352-4642(19)30055-0)
21. Semenkovich K., Bischoff A., Doty T., Nelson S., Siller A.F., Hershey T., Arbeláez A.M. Clinical Presentation and Memory Function in Youth with Type 1 Diabetes. *Pediatr. Diabetes*, 2016, vol. 17, no. 7, pp. 492–499. <https://doi.org/10.1111/pedi.12314>
22. Broadley M.M., White M.J., Andrew B. A Systematic Review and Meta-Analysis of Executive Function Performance in Type 1 Diabetes Mellitus. *Psychosom. Med.*, 2017, vol. 79, no. 6, pp. 684–696. <https://doi.org/10.1097/psy.0000000000000460>
23. Ryan C.M., van Duinkerken E., Rosano C. Neurocognitive Consequences of Diabetes. *Am. Psychol.*, 2016, vol. 71, no. 7, pp. 563–576. <https://doi.org/10.1037/a0040455>
24. Samoylova Yu.G., Rotkank M.A., Zhukova N.G., Matveeva M.V., Oleynik O.A. Znachimost' razlichnykh metodov diagnostiki kognitivnoy disfunktsii u patsientov s sakharnym diabetom 1-go tipa [Significance of the Different Methods of Diagnosis of Cognitive Dysfunction in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus]. *Lechashchiy vrach*, 2016, no. 6, p. 86.

25. Abo-el-Asrar M., Andrawes N.G., Rabie M.A., Aly El-Gabry D., Khalifa A.-G., El-Sherif M., Abdel Aziz K. Cognitive Functions in Children and Adolescents with Early-Onset Diabetes Mellitus in Egypt. *Appl. Neuropsychol. Child*, 2018, vol. 7, no. 1, pp. 21–30. <https://doi.org/10.1080/21622965.2016.1224186>
26. Scarpina F., Tagini S. The Stroop Color and Word Test. *Front. Psychol.*, 2017, vol. 8. Art. no. 557. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00557>
27. Segabinazi J.D., Pawlowski J., Zanini A.M., Wagner G.P., Sbicigo J.B., Trentini C.M., Hutz C.S., de Salles J.F., Bandeira D.R. Age, Education and Intellectual Quotient Influences: Structural Equation Modeling on the Study of Benton Visual Retention Test (BVRT). *Span. J. Psychol.*, 2020, vol. 23. Art. no. e27. <https://doi.org/10.1017/sjp.2020.30>
28. Na S.D., Burns T.G. Wechsler Intelligence Scale for Children-V: Test Review. *Appl. Neuropsychol. Child*, 2016, vol. 5, no. 2, pp. 156–160. <https://doi.org/10.1080/21622965.2015.1015337>
29. Miles S., Howlett C.A., Berryman C., Nedeljkovic M., Moseley G.L., Phillipou A. Considerations for Using the Wisconsin Card Sorting Test to Assess Cognitive Flexibility. *Behav. Res. Methods*, 2021, vol. 53, no. 5, pp. 2083–2091. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01551-3>
30. Macedo L.B.C., Foss M.P., Galera C.A. Cognitive Impairments in Type 1 Diabetes Mellitus: Integrative Review. *Psicologia: Teoria e Prática*, 2023, vol. 25, no. 1. <http://dx.doi.org/10.5935/1980-6906/ePTPPA14344.en>
31. Glushchenko V.V., Shabanov P.D. *Minimal'naya disfunktsiya mozga* [Minimal Brain Dysfunction]. Moscow, 2013. 318 p.
32. Matveeva M.V., Samoiloa Yu.G., Zhukova N.G., Tolmachov I.V., Brazovskiy K.S., Leiman O.P., Fimushkina N.Yu., Rotkank M.A. Neuroimaging Methods for Assessing the Brain in Diabetes Mellitus (Literature Review). *Bull. Sib. Med.*, 2020, vol. 19, no. 2, pp. 189–194. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2020-2-189-194>
33. Mazaika P.K., Weinzimer S.A., Mauras N., Buckingham B., White N.H., Tsalikian E., Hershey T., Cato A., Aye T., Fox L., Wilson D.M., Tansey M.J., Tamborlane W., Peng D., Raman M., Marzelli M., Reiss A.L. Variations in Brain Volume and Growth in Young Children with Type 1 Diabetes. *Diabetes*, 2016, vol. 65, no. 2, pp. 476–485. <https://doi.org/10.2337/db15-1242>
34. Arbelaez A.M., Semenkovich K., Hershey T. Glycemic Extremes in Youth with T1DM: The Structural and Functional Integrity of the Developing Brain. *Pediatr. Diabetes*, 2013, vol. 14, no. 8, pp. 541–553. <https://doi.org/10.1111/pedi.12088>
35. Biessels G.J., Reijmer Y.D. Brain Changes Underlying Cognitive Dysfunction in Diabetes: What Can We Learn from MRI? *Diabetes*, 2014, vol. 63, no. 7, pp. 2244–2252. <https://doi.org/10.2337/db14-0348>
36. van Duinkerken E., Schoonheim M.M., Sanz-Arigita E.J., IJzerman R.G., Moll A.C., Snoek F.J., Ryan C.M., Klein M., Diamant M., Barkhof F. Resting-State Brain Networks in Type 1 Diabetic Patients with and Without Microangiopathy and Their Relation to Cognitive Functions and Disease Variables. *Diabetes*, 2012, vol. 61, no. 7, pp. 1814–1821. <https://doi.org/10.2337/db11-1358>
37. Hershey T., Perantie D.C., Wu J., Weaver P.M., Black K.J., White N.H. Hippocampal Volumes in Youth with Type 1 Diabetes. *Diabetes*, 2010, vol. 59, no. 1, pp. 236–241. <https://doi.org/10.2337/db09-1117>
38. Berman J.I., Lanza M.R., Blaskey L., Edgar J.C., Roberts T.P.L. High Angular Resolution Diffusion Imaging Probabilistic Tractography of the Auditory Radiation. *Am. J. Neuroradiol.*, 2013, vol. 34, no. 8, pp. 1573–1578. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a3471>
39. Gallardo-Moreno G.B., González-Garrido A.A., Villaseñor-Cabrera T., Alvarado-Rodríguez F.J., Ruiz-Stovel V.D., Jiménez-Maldonado M.E., Contreras-Piña N., Gómez-Velázquez F.R. Sustained Attention in Schoolchildren with Type-1 Diabetes. A Quantitative EEG Study. *Clin. Neurophysiol.*, 2020, vol. 131, no. 10, pp. 2469–2478. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.07.013>
40. Rachmiel M., Cohen M., Heymen E., Lezinger M., Inbar D., Gilat S., Bistrizter T., Leshem G., Kan-Dror E., Lahat E., Ekstein D. Hyperglycemia Is Associated with Simultaneous Alterations in Electrical Brain Activity in Youths with Type 1 Diabetes Mellitus. *Clin. Neurophysiol.*, 2016, vol. 127, no. 2, pp. 1188–1195. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.07.011>
41. Efimova V.L., Nikolaeva E.I., Kon'shina N.V., Golosnaya G.S. Possibility of Using Proteins as Neuroinflammation Markers to Evaluate Cognitive State of Children. *Mod. Iss. Biomed.*, 2023, vol. 7, no. 2 (in Russ.). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2023_07_02_6

42. Elshorbagy H.H., Barseem N.F., Elsadek A.E., Al-shokary A.H., Maksoud Y.H.A., Abdulsamea S.E., Talaat I.M., Suliman H.A., Kamal N.M., Abdelghani W.E., Azab S.M., El Din D.M.N. Serum Neuron-Specific Enolase and S100 Calcium-Binding Protein B in Pediatric Diabetic Ketoacidosis. *J. Clin. Res. Pediatr. Endocrinol.*, 2019, vol. 11, no. 4, pp. 374–387. <https://doi.org/10.4274/jcrpe.galenos.2019.2018.0280>

43. Novoselova M.V., Samoylova Yu.G., Zhukova N.G. Soderzhanie neyrospetsificheskikh belkov pri kognitivnykh narusheniyakh u patsientov s sakharnym diabetom 1-go tipa [The Level of Neurospecific Proteins in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus and Cognitive Disorders]. *Klinicheskaya meditsina*, 2014, vol. 92, no. 8, pp. 46–49.

44. Karavanaki K., Kakleas K., Georga S., Bartzeliotou A., Mavropoulos G., Tsouvalas M., Vogiatzi A., Papassotiriou I., Karayianni C. Plasma High Sensitivity C-Reactive Protein and Its Relationship with Cytokine Levels in Children with Newly Diagnosed Type 1 Diabetes and Ketoacidosis. *Clin. Biochem.*, 2012, vol. 45, no. 16–17, pp. 1383–1388. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2012.05.003>

45. Kawamoto E.M., Cutler R.G., Rothman S.M., Mattson M.P., Camandola S. TLR4-Dependent Metabolic Changes Are Associated with Cognitive Impairment in an Animal Model of Type 1 Diabetes. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 2014, vol. 443, no. 2, pp. 731–737. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2013.12.039>

46. Kumar N., Singh V.B., Meena B.L., Kumar D., Saini M.L., Tiwari A. Mild Cognitive Impairment in Young Type 1 Diabetes Mellitus Patients and Correlation with Diabetes Control, Lipid Profile, and High-Sensitivity C-Reactive Protein. *Indian J. Endocrinol. Metab.*, 2018, vol. 22, no. 6, pp. 780–784. https://doi.org/10.4103/ijem.ijem_58_18

Поступила в редакцию 12.09.2023 / Одобрена после рецензирования 15.12.2023 / Принята к публикации 19.12.2023.

Submitted 12 September 2023 / Approved after reviewing 15 December 2023 / Accepted for publication 19 December 2023.