

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2024, Том 12, № 3 / 2024, Vol. 12, Iss. 3 <https://mir-nauki.com/issue-3-2024.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/98PSMN324.pdf>

5.3.2. Психофизиология (психологические науки)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Ефимова, В. Л. Нейровоспалительные маркеры: поиск взаимосвязей с нарушениями развития и здоровья детей / В. Л. Ефимова, Н. В. Коньшина // Мир науки. Педагогика и психология. — 2024. — Т. 12. — № 3. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/98PSMN324.pdf>

**For citation:**

Efimova V.L., Konshina N.V. Neuroinflammatory markers: search for relationships with developmental disorders and health of children. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 2024;12(3): 98PSMN324. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/98PSMN324.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 159.91

**Ефимова Виктория Леонидовна**

ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена», Санкт-Петербург, Россия  
Профессор кафедры «Возрастной психологии и педагогики семьи»  
Доктор психологических наук, доцент  
E-mail: [prefish@ya.ru](mailto:prefish@ya.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7029-9317>

**Коньшина Наталья Владимировна**

ООО «Детская неврологическая клиника «Прогноз», Санкт-Петербург, Россия  
Врач-невролог  
Кандидат медицинских наук  
E-mail: [nata-konshina@yandex.ru](mailto:nata-konshina@yandex.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7325-3461>

## Нейровоспалительные маркеры: поиск взаимосвязей с нарушениями развития и здоровья детей

**Аннотация.** В статье приводятся результаты экспериментального исследования, направленного на поиск связи между маркерами нейровоспаления и нарушениями развития и здоровья у детей. В исследовании приняли участие 100 детей и подростков в возрасте от 1 года до 16 лет. Распределение по возрасту в группах было одинаковым. Все дети были осмотрены неврологом и логопедом, проведена психолого-педагогическая диагностика. Дети были разделены на две группы: экспериментальная группа — 48 детей с нарушениями развития, группа сравнения — 52 ребенка с нормативным развитием. Анализировали концентрацию в венозной крови нейроспецифических белков NSE, S100, антител к белку миелина, фактор некроза опухолей. Проводилось анкетирование родителей об особенностях здоровья ребенка, анализ медицинской документации, с целью поиска связи изучаемых показателей с течением раннего перинатального периода, нарушением развития нервной системы и соматической патологией у детей. Было установлено, что между группами детей с нарушениями развития и детей с нормативным развитием нет различий по изучаемым показателям крови, которые считаются маркерами нейровоспаления. Не выявлены также статистически значимые связи этих показателей с соматическим здоровьем детей. Показатели NSE имеют значимую связь с возрастом детей в обеих группах: чем младше ребенок, тем вероятнее повышение показателей NSE. Определение термина «нейровоспаление» в отношении детей с нарушениями развития без острых поражений ткани мозга нуждается в уточнении, требуются дополнительные исследования.

**Ключевые слова:** дети; нейровоспаление; биологические маркеры нарушений развития; развитие детей; нарушения развития детей; аутизм; СДВГ; нарушения речи; нейроспецифические белки

## Введение

Количество детей с нарушениями развития существенно выросло за последние 40 лет. По данным отечественных источников, распространённость нарушений речевого развития составляет до 25 % среди детей школьного возраста. В иностранной литературе приводимые цифры несколько меньше, но все равно весьма значительны — от 3,8 до 15,6 % [1–3].

В настоящее время расстройство аутистического спектра (РАС) диагностируется у детей с частотой примерно 1:60 [4].

Распространенность синдрома дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) оценивается в пределах от 6 до 7 процентов среди детей в возрасте 18 лет и младше при использовании критериев диагностики DSM-IV. При использовании критериев МКБ-10, гиперкинетическое расстройство, встречается у 1–2 процентов детей этой возрастной группы [5; 6].

Рост числа детей с нарушениями развития подтолкнул к крупномасштабным исследованиям, посвященным изучению причин данных состояний и возможных прогнозов их течения.

Этиология большинства нарушений развития часто остается неизвестной, однако генетические и экологические факторы риска выделяются в их появлении как решающие. Существуют и гипотезы, предполагающие, что нейровоспаление (или, по крайней мере, взаимодействие между иммунной и нервной системами) может быть также вовлечено в этиологию нарушений развития и влияет на выраженность их клинических проявлений у детей. Хотя эти гипотезы пока остаются дискуссионными, а термин «нейровоспаление» имеет неоднозначную трактовку, представления о нейровоспалении как причине нарушений развития накладывают определенный отпечаток не только на медицинское сопровождение ребенка, но и на формирование специалистами индивидуальных психолого-педагогических маршрутов. Поэтому экспериментальные исследования, касающиеся маркеров нейровоспаления, актуальны.

В данный момент большинство отечественных исследователей в качестве маркера нейровоспаления использует определение в сыворотке крови и цереброспинальной жидкости концентрации различных нейроспецифических белков (далее — НСБ), а также цитокинов и аутоантител к тканям головного мозга.

НСБ являются тканеспецифическими для нервной системы белками. Гистогенетически они относятся к нейроэпителиальной ткани — то есть нейронам и глиальным компонентам нервной системы. На сегодня известно более 30 НСБ, находящихся в сложном взаимодействии друг с другом [7].

Следует отметить, что функции НСБ изучены не до конца, а посвященные этим темам исследования в основном проводились в случаях, когда очевидно присутствовало острое поражение ткани мозга: на недоношенных младенцах с гипоксическишеемическими поражениями, взрослых с черепно-мозговыми травмами или нейродегенеративными заболеваниями и пациентах с острым воспалением тканей головного мозга. Кроме этого, не проводились исследования связи этих показателей с общим соматическим здоровьем у детей. Крайне мало исследований НСБ у детей без нарушений развития.

**Целью** настоящего исследования стало изучение показателей концентрации нейроспецифических белков NSE, S100, антител к белку миелина и ФНО-а (фактор некроза опухолей), и их взаимосвязи с течением раннего перенатального периода, нарушением развития нервной системы и соматической патологией у детей в возрасте от 1,5 до 16 лет.

### Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе детской неврологической клиники «Прогноз» (Санкт-Петербург). Обследованы 100 детей и подростков. В экспериментальную группу вошли 48 детей с нарушениями развития в возрасте от 1,5 лет до 15 лет (средний возраст по группе составил — 4,8 лет), из них 31 мальчик и 17 девочек. Группа сравнения состояла из 52 ребенка с нормальным развитием в возрасте от 1 года до 16 лет (средний возраст по группе — 4,5 года), из них 25 мальчиков и 27 девочек.

Критерием включения в экспериментальную группу являлось наличие одного из диагнозов, установленных психиатром по МКБ-10: F.80 (специфическое расстройство языкового развития) или F.84 (детский аутизм), у детей до 3-х лет F80.2 Специфические расстройства речевого развития или G98.3 Резидуальная энцефалопатия.

Все дети из группы сравнения прошли неврологическое обследование и обследование логопеда для исключения патологии нервной системы и нарушений развития.

Забор крови для исследования производили утром натощак.

Для определения концентрации NSE, S100, антител к белку миелина и ФНО-альфа, использовался стандартный протокол. Анализ NSE в сыворотке крови осуществлялся методом электрохемилюминесцентного иммуноанализа, Cobas e601 (Roche). Нормальными показателями значений NSE считались значения ниже 17,0 нг/мл (согласно референсным значениям лаборатории «ИНВИТРО»).

Анализ S100 в сыворотке крови осуществлялся методом Электрохемилюминесцентный иммуноанализ, Cobas e601(Roche). Аналитическая чувствительность < 0,005 мкг/л. Нормальными показателями значений S100 считались значения ниже: в возрасте < 3 месяцев < 0,62 мкг/л; 3–9 месяцев < 0,35 мкг/л; 9 месяцев — 2 года < 0,23 мкг/л; 2–3 года < 0,17 мкг/л; 3–14 лет < 0,15 мкг/л; старше 14 лет < 0,105 мкг/л (согласно референсным значениям лаборатории «ИНВИТРО»).

Анализ ФНО (Фактор некроза опухоли, Tumor necrosis factor alpha, TNFalpha, cachectin) в сыворотке крови проводился иммуноферментным анализом. Нормальными показателями ФНО считались показатели референсных значений: 0–6 пг/мл, согласно данным лаборатории ИНВИТРО.

Антитела к миелину определялись в сыворотке крови методом непрямой иммунофлюоресценции (Anti-myelin antibody, IgG, IF). Нормальными показателями согласно референсным значениям лаборатории ИНВИТРО считали показатели < 1:10 титр (антител не обнаружено).

Анализ соматической патологии осуществлялся по опросникам жалоб и анамнеза, которые заполняли родители обследуемых детей перед забором крови, также проводился анализ медицинской документации, предоставленной родителями. Опросник перенатальной и соматической патологии включал в себя следующие разделы: срок рождения, наличие острой патологии раннего неонатального периода с нахождением в стационаре, инфекционные болезни раннего неонатального периода, затяжная неонатальная желтуха, травмы. Далее собиралась информация о наличии у ребенка в анамнезе: травм, аллергических реакций, аутоиммунной патологии, патологии пищеварительной системы, патологии щитовидной

железы, онкологической патологии, иммунодефицитных состояний. Также фиксировались сроки последних эпизодов заболевания респираторными инфекциями.

Родители подписывали информированное согласие на участие в исследовании. Работа одобрена этическим комитетом. Статистическая обработка данных была выполнена при помощи языка программирования Python с использованием библиотек «Matplotlib», «Pandas», «Scipy» (модуль Stats).

## Результаты

Распределение групп по возрасту не имело значимых отличий. Так, экспериментальную группу составили дети от 1,5 до 15 лет (средний возраст по группе — 4,8 года), а группу сравнения — дети от 1 до 16 лет (средний возраст по группе — 4,5 года). Следовательно, сравнение показателей двух групп является корректным.

Показатели антител к миелину в обеих группах составили < 1:10 титр (антител не обнаружено), что является нормой. Так как отклонений в данном показателе мы не обнаружили, дальнейшее исследование корреляции с показателями антител к миелину не проводилось.

Анализ показателей ФНО (фактор некроза опухоли, tumor necrosis factor alpha, TNF- $\alpha$ , кахектин) в сыворотке крови в обеих группах также не выявил нарушений. Полученные показатели находились в диапазоне референсных значений (0–6 пг/мл) и согласно данным лаборатории ИНВИТРО являлись нормальными. Поскольку отклонений в данном показателе обнаружено не было, дальнейшего изучения его взаимоотношений с другими показателями мы не проводили.

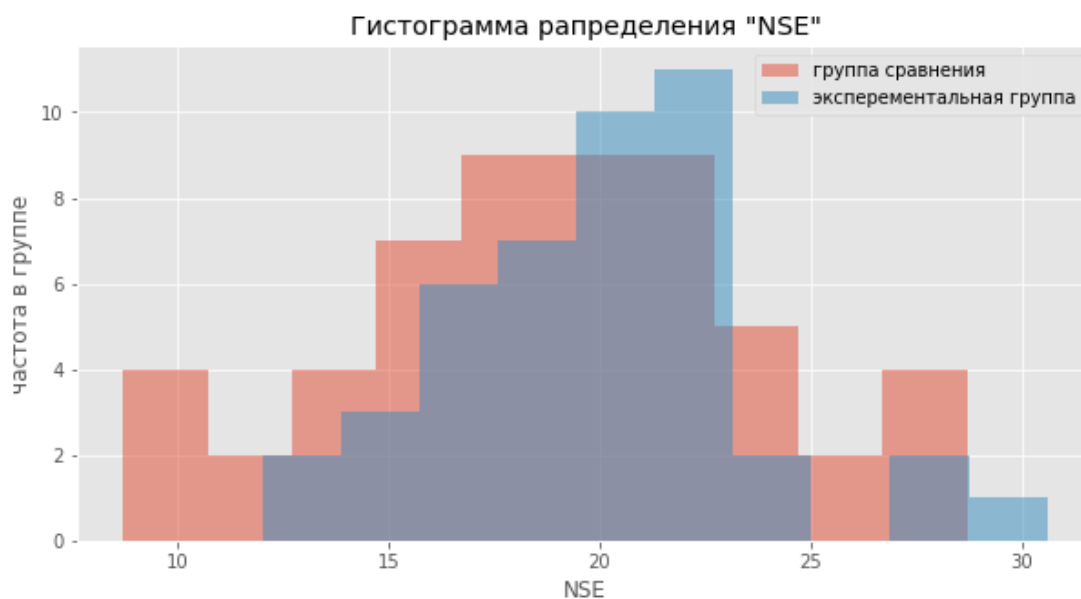
Анализ показателей белка S100. Среднее значение в группе сравнения составило  $0,108 \pm 0,12$  мкг/л, в экспериментальной группе —  $0,128 \pm 0,11$  мкг/л. Так как полученные значения входят в рамки нормальных по данным референсных значений лаборатории ИНВИТРО, дальнейшее сопоставление данных показателей с другими не проводилось.

Анализ показателей NSE. Среднее значение NSE в группе сравнения составило  $19,13 \pm 5,19$  нг/мл, в экспериментальной группе —  $19,94 \pm 3,84$  нг/мл.

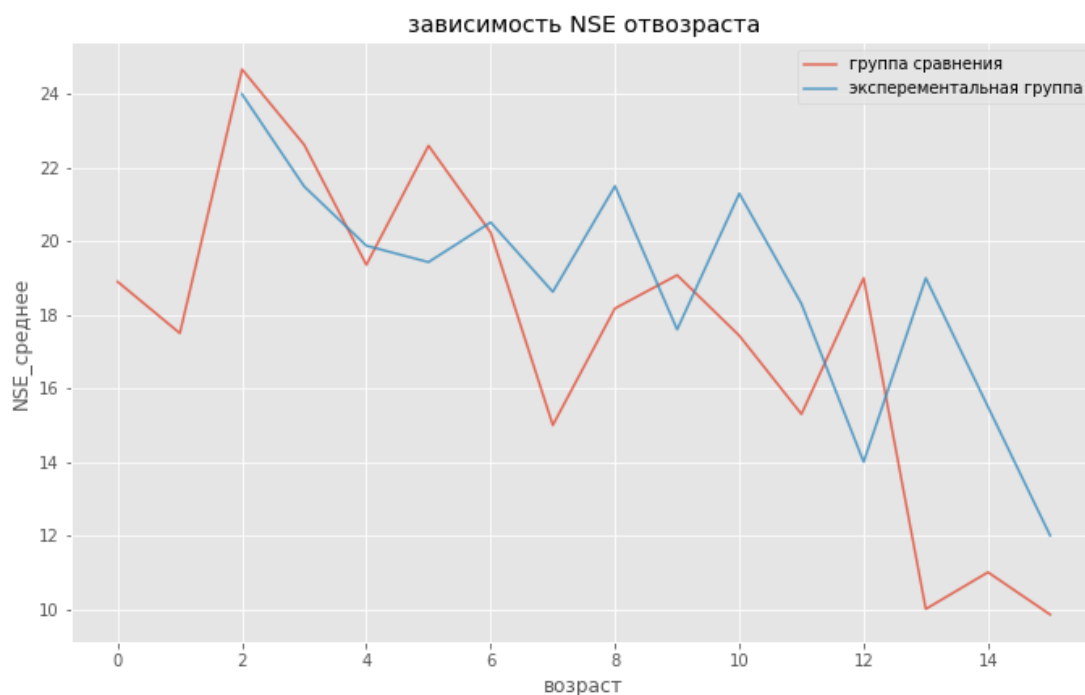
Затем была проведена оценка нормальности распределения показателя NSE в обеих группах по критерию Шапиро-Уилка. В группе сравнения получены результаты: statistic = 0,9758824110031128, P-value = 0,32167190313339233; в экспериментальной группе — statistic = 0,971235454082489, P-value = 0,33439233899116516. Поскольку полученный показатель P-значения больше 0,05, мы не можем опровергнуть нулевую гипотезу, заключающуюся в том, что распределения нормальные (рис. 1).

Далее был применен двухвыборочный t-критерий Стьюдента. За нулевую гипотезу взято утверждение, что средние значения в выборках равны. За альтернативную — что средние значения отличаются. Полученный результат: statistic = -0,8681465290032495, P-value = 0,3874351068085181. Так как P-значение больше 0,05, мы не можем опровергнуть нулевую гипотезу. Таким образом разницы в показателях NSE между группами не обнаружено.

Для оценки влияния возраста на показатели NSE проводилась линейная корреляция возраста и NSE с использованием коэффициента Пирсона. В группе сравнения мы получили показатель -0,57 (умеренная отрицательная корреляция); в экспериментальной группе — -0,50 (умеренная отрицательная корреляция); в обеих группах — -0,53 (умеренная отрицательная корреляция). Полученные значения доказывают обратную взаимосвязь показателей NSE с возрастом: чем меньше возраст ребенка в обеих группах, тем больше вероятность увеличения NSE (рис. 2).



**Рисунок 1.** Гистограмма распределения показателей NSE в исследуемых группах. Частота в группе (число испытуемых); показатели концентрации NSE (нг/мл) (составлено авторами)



**Рисунок 2.** Зависимость показателей NSE от возраста в исследуемых группах. По вертикали показатели NSE (нг/мл); по горизонтали возраст (лет) (составлено авторами)

Таким образом, показатели NSE значимо связаны с возрастом ребенка, а не с нарушениями развития. Чем младше ребенок, тем более вероятны отклонения показателей NSE от референсных значений.

Мы также провели анализ взаимосвязи показателей NSE с данными опросников по ранней неонатальной патологии и соматическому здоровью путем сравнения бинарных признаков методом хи-квадрат, NSE также переведен в бинарный вид (0 — норма; 1 — повышен). Результаты представлены в таблице 1.



Таблица 1

Сравнение бинарных признаков методом хи-квадрат

Критерий	Экспериментальная группа		Группа сравнения	
	Stat	P-value	Stat	P-value
Родился в срок	0	1	0,017	0,89
Нахождение в реанимации в раннем периоде	0	1	0,14	0,7
Перенесенные тяжелые инфекции	1,51	0,21	0	1
Гипербилирубинемия	0,04	0,83	0	1
Травмы	0	1	0	1
Аллергия	0,27	0,59	0,72	0,39
Аутоиммунные заболевания	0	1	0	1
Часто болеющий ребенок	0	1	0	1
Заболевания ЖКТ	0,84	0,35	0,13	0,79
Патология щитовидной железы	0	1	0	1

Составлено авторами

Полученные результаты Р-значения всех исследуемых категорий в обеих группах составили больше 0,05, что говорит об отсутствии связи между показателями NSE и данными категориями.

Мы также провели оценку взаимосвязи показателей NSE со сроком перенесенных острых вирусных инфекций в обеих группах при помощи расчета коэффициента корреляции Пирсона. В экспериментальной группе показатель составил — 0,21 (корреляции нет), в группе сравнения — 0,07 (корреляции нет). Таким образом взаимосвязь показателей NSE со сроком перенесенной вирусной инфекции не установлена.

Обсуждение

Проведенное нами исследование не выявило разницы между группами детей с нарушениями развития и детей с нормативным развитием по показателям концентрации нейроспецифических белков. Также не была выявлена связь этих показателей с особенностями раннего развития детей и перенесенными вирусными инфекциями. Таким образом, мы не выявили связи показателей, считающихся маркерами нейровоспаления, с развитием и здоровьем детей.

Нейровоспаление — это воспаление нервной ткани, возникающее в ответ на различные сигналы, такие как инфекция, черепно-мозговая травма, токсичные метаболиты или аутоиммунные реакции. В ЦНС микроглия является основными врожденными иммунными клетками, которые активируются в ответ на эти сигналы. Обычно ЦНС является иммунологически привилегированным участком из-за гематоэнцефалического барьера (ГЭБ), который предотвращает проникновение периферических иммунных клеток. Однако при нарушении ГЭБ периферические иммунные клетки могут проникать в ЦНС, взаимодействуя с нейронами и глиальными клетками, и инициировать иммунный ответ. Нейровоспаление может быть острым или хроническим. Острый процесс возникает сразу после повреждения ЦНС и сопровождается активными воспалительными реакциями, тогда как хроническое воспаление связано с длительной активацией глиальных клеток и привлечением других иммунных клеток в мозг, что часто наблюдается при нейродегенеративных заболеваниях [8].

Понятие «нейровоспаление» в связи с нарушениями развития детей сейчас широко обсуждается в психолого-педагогическом сообществе. Наиболее часто в качестве маркеров нейровоспаления рассматривают концентрацию белков NSE и S100.

NSE (нейронспецифическая энолаза) — содержащаяся в цитоплазме нейронов изоформа фермента, принимающая участие в метаболизме глюкозы. Ранее данный показатель считался маркером онкологических заболеваний. Однако в последнее время, с развитием лабораторных методов исследований, этот показатель рассматривается также как маркер повреждения головного мозга и нейровоспалительных процессов.

Еще один показатель, часто исследуемый в качестве маркера повреждения центральной нервной системы (ЦНС) и активности воспалительных процессов, — кальцийсвязывающий белок S-100.

Также в исследованиях, посвященных поиску биологических маркеров нарушений развития ребенка фигурирует ФНО-альфа (фактор некроза опухолей) — гликопротеин класса цитокинов, регулирующий межклеточные взаимодействия в иммунной системе. Цитокины — ключевые химические медиаторы иммунного ответа, развертываемого клетками при активации под воздействием антигена или иммуногена. Эти быстродействующие клеточные сигнальные молекулы требуют соответствующей регуляции для поддержания баланса между про- и противовоспалительными реакциями. Данный баланс особенно необходим во время развития нервной системы, поскольку цитокины и их рецепторы экспрессируются в том числе и нейронами и принимают активное участие в правильном развитии ЦНС. К примеру, эти химические мессенджеры играют важную роль в регуляции образования, созревания и элиминации синапсов, процессов обновления клеток, а также выживания и апоптоза клеток ЦНС. Нарушение экспрессии цитокинов и хемокинов в критические периоды развития нервной системы свидетельствует о существенном влиянии этих сигнальных молекул на клетки ЦНС, включая радиальные глиальные клетки, нейральные предшественники, нейроны, микроглию, астроциты и олигодендроциты [9; 10].

Кроме этого, изучается влияние аутоиммунных процессов на формирование нарушений развития у детей. Наибольший интерес в этом плане вызывают антитела к белку миелину. Миелиновая оболочка вокруг крупных аксонов формируется глиальными клетками (олигодендроцитами в центральной нервной системе и Шванновскими клетками в периферической нервной системе). Миелин обеспечивает быструю и эффективную передачу нервных импульсов, а его повреждение вызывает неврологический дефицит и лежит в основе ряда заболеваний. Предполагается, что антитела к миелину могут участвовать в патогенезе демиелинизирующих расстройств и нарушений развития у детей [11].

Описанные выше показатели наиболее часто оцениваются в качестве маркеров нейродегенеративных заболеваний и нейровоспаления, а также важного компонента в патогенезе нарушений развития у детей.

В проведенном нами исследовании оценка полученных значений нейроспецифических белков, антител к миелину и цитокина ФНО-альфа, рассматриваемых в качестве возможных маркеров процесса нейровоспаления, лежащего в основе нарушений развития, не показала значимых результатов. Показатели белка S100, антител к белку миелина и ФНО-альфа не имели патологических отклонений и отличий как у детей с нарушениями развития, так и у неврологически здоровых детей, и не выходили за рамки нормальных значений согласно референсным показателям лаборатории ИНВИТРО. Однако показатель нейроспецифического белка NSE был выше показателей нормы в обеих группах и не имел статистической разницы между ними.

Анализ взаимосвязи повышенного показателя NSE с патологией неонатального периода и наличием неврологической и соматической патологии не дал достоверных результатов, что говорит об отсутствии взаимосвязи. При этом найдена взаимосвязь данного показателя с возрастом детей в обеих группах: чем младше ребенок — тем выше вероятность повышенного

показателя NSE. Полученные данные совпадают с нашим исследованием 2023 года, проведенным на меньшей выборке пациентов [12].

Несмотря на то, что повышенный уровень NSE не является специфическим маркером нарушения развития, встает вопрос о возможном физиологическом повышении этого показателя у детей. Известно, что в процессе нейроонтогенеза одни и те же биохимические механизмы могут иметь двойные функции и участвовать как в процессах гибели нервных клеток, так и в их защите; причем функции меняются в зависимости от периода развития нервной системы. Процессы апоптоза и синаптического прунинга, лежащие в основе формирования мозга ребенка, в настоящее время изучены недостаточно, что затрудняет определение их связи с возрастом ребенка. Известно, что в первые годы жизни апоптоз и синаптический прунинг происходят наиболее активно, так как мозг новорожденного содержит избыток нейронов и неактивных связей между ними. Однако процессы гибели старых и появления новых нейронов продолжаются на протяжении всей жизни. У детей с нарушением развития процессы прунинга, миелинизации и плановой гибели нейронов могут происходить в другие временные рамки. Возможно, повышение уровня NSE у детей связано с этими процессами и не является исключительно признаком нейровоспаления. Полученные данные требуют дальнейшего исследования и, возможно, являются основанием для пересмотра референсных показателей нормы белка NSE для детей.

### Выводы

1. В результате исследования было выявлено, что значения S100, антител к белку миелина и ФНО-альфа не имели патологических отклонений как в группе детей с нарушениями развития, так и в группе детей с нормативным развитием, поэтому данные показатели не могут быть использованы в качестве маркеров, предопределяющих нарушения психического и речевого развития детей.
2. Нами установлено, что увеличенные показатели NSE встречаются как в группе детей с нарушенным развитием, так и в группе детей с нормативным развитием; достоверно значимой разницы между этими группами не обнаружено.
3. Повышенные показатели NSE в обеих исследованных группах не имеют статистически значимой связи с наличием в анамнезе патологии раннего неонатального периода, соматической и неврологической патологии.
4. Повышенные показатели NSE у детей с нормативным и нарушенным развитием имеют достоверно значимую взаимосвязь с возрастом ребенка: чем младше ребенок, тем более вероятны увеличенные показатели NSE.
5. Определение термина «хроническое нейровоспаление» в отношении детей нуждается в уточнении, требуются дополнительные исследования для изучения его возможной роли в патогенезе нарушений развития у детей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кондракова Э.В. Распространенность ограничений слуха и речи у детей: динамика и региональные особенности // Справочник врача общей практики. 2005. № 9. С. 19–26.
2. Степаненко Д.Г., Сагутдинова Э.Ш. О классификациях нарушения речи в детском возрасте // Клиническая медицина. 2010. № 2. С. 32–43.



3. Law J., Boyle J., Harris F., Harkness A., Nye C. (2000) Prevalence and natural history of primary speech and language delay: Findings from a systematic review of the literature // *International Journal of Language & Communication Disorders*. 2000. Vol. 35, № 2. pp. 165–188.
4. Meghan Styles, Dalal Alsharshani, Muthanna Samara, Mohammed Alsharshani, Azhar Khattab, M. Walid Qoronfleh, Nader Al-Dewik. (2020) Risk factors, diagnosis, prognosis and treatment of autism. *Front. Biosci. (Landmark Ed)* 2020, 25(9), 1682–1717. <https://doi.org/10.2741/4873>.
5. Wilcutt, For example (July 2012). "Prevalence of DSM-IV attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review". *Neurotherapy*. 9(3): 490–499. doi: 10.1007/s13311-012-0135-8. PMC 3441936. PMID 22976615.
6. Alraywil N.J., Ali A., Howse M.S., Al-Shehri A.M., El-Metwalli A.A. (2015). "A systematic review of the epidemiology of attention deficit hyperactivity disorder in Arab countries". *Neuroscience*. 20(2): 137–144. doi: 10.17712/nsj.2015.2.20140678. ISSN 1658-3183. PMC 4727626. PMID 25864066.
7. Ayaydın H., Kirit A., Çelik H. [et al] (2020) High Serum Levels of Serum 100 Beta Protein, Neuron-specific Enolase, Tau, Active Caspase-3, M30 and M65 in Children with Autism Spectrum Disorders / Ayaydın H., Kirit A., Çelik H. [et al] // *Clinical psychopharmacology and neuroscience: the official scientific journal of the Korean College of Neuropsychopharmacology*. — 2020. — № 18(2). — pp. 270–278. DOI: <https://doi.org/10.9758/2020.18.2.270>.
8. Streit W.J., Mrazek R.E., Griffin V.S. (July 2004). "Microglia and neuroinflammation: a pathologic perspective". *Journal of Neuroinflammation*. 1(1): 14. doi: 10.1186/1742-2094-1-14. PMC 509427. PMID 15285801.
9. H.K. Hughes, R.J. Moreno, P. Ashwood, (2023) Innate immune dysfunction and neuroinflammation in autism spectrum disorder (ASD), *Brain, Behavior, and Immunity*, Volume 108, 2023, Pages 245-254, ISSN 0889-1591, <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2022.12.001>.
10. Теплухина О.В. Маркеры нейровоспаления у детей с расстройством аутистического спектра // *Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье*. 2022. № 2(56) Special Issue. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/markery-neyrovospaleniya-u-detey-s-rasstroystvom-autisticheskogo-spektra> (дата обращения: 23.05.2024).
11. Poluliakh O.E., Mityukova T.A., Martynenko A.I., Zakharevich O.Y., Marchuk S.A. (2019) Development of the concepts of childhood autism: pathogenetic mechanisms and markers. *Vestsi Natsyuanal'nai akademii navuk Belarusi. Seriya meditsinskikh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2019, vol. 16, no. 4, pp. 499–512 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2019-16-4-499-512>.
12. Ефимова В.Л., Голосная Г.С., Николаева Е.И., Коньшина Н.В., Новожилов А.В. Возрастная динамика показателей нейроспецифических белков у детей с нарушением развития и детей с нормальным развитием // *Вестник новых медицинских технологий*. — 2023. — № 6 — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozrastnaya-dinamika-pokazateley-neyrospetsificheskikh-belkov-u-detey-s-narusheniem-razvitiya-i-detey-s-normalnym-razvitiem>.

**Efimova Victoria Leonidovna**

Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen, Saint-Petersburg, Russia  
E-mail: [prefish@ya.ru](mailto:prefish@ya.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7029-9317>

**Konshina Natalya Vladimirovna**

Children's Neurological Clinic «Prognoz», Saint Petersburg, Russia  
E-mail: [nata-konshina@yandex.ru](mailto:nata-konshina@yandex.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7325-3461>

## **Neuroinflammatory markers: search for relationships with developmental disorders and health of children**

**Abstract.** The article presents the results of an experimental study aimed at finding a link between markers of neuroinflammation and developmental and health disorders in children. The study involved 100 children and adolescents aged 1 to 16 years. The age distribution in the groups was the same. All children were examined by a neurologist and a speech therapist, and a psychological and pedagogical diagnosis was carried out. The children were divided into two groups: the experimental group — 48 children with developmental disabilities, the comparison group — 52 children with normative development. The concentration of neurospecific proteins NSE, S100, antibodies to myelin protein, and tumor necrosis factor in venous blood was analyzed. Parents were surveyed about the peculiarities of the child's health, the analysis of medical documentation was carried out in order to find a connection between the studied indicators with the course of the early perinatal period, impaired development of the nervous system and somatic pathology in children. It was found that there are no differences between groups of children with developmental disabilities and children with normative development in the studied blood parameters, which are considered markers of neuroinflammation. There are also no statistically significant links between these indicators and the somatic health of children. NSE indicators have a significant relationship with the age of children in both groups: the younger the child, the more likely an increase in NSE indicators is. The definition of the term «neuroinflammation» in relation to children with developmental disorders without acute lesions of brain tissue needs to be clarified, additional research is required.

**Keywords:** children; neuroinflammation; biological markers of developmental disorders; child development; developmental disorders of children; autism; ADHD; speech disorders; neurospecific proteins