

Транспозиция нервов у детей с острыми вялыми миелитами для восстановления функции верхней конечности (обзор литературы)

О.Е. Агранович¹, И.А. Комолкин²

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России; Россия, 196603 Санкт-Петербург, ул. Парковая, 64–68;

²ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России; Россия, 191036 Санкт-Петербург, Лиговский проспект, 2–4

Контакты: Ольга Евгеньевна Агранович olga_agranovich@yahoo.com

Термин «острый вялый миелит» используется для описания состояния, характеризующегося остро возникшим вялым параличом конечности, а также поражением двигательных нейронов спинного мозга. Отсутствие специфического лечения, тяжелый неврологический дефицит, сохраняющийся у 75–95 % пациентов в отдаленные сроки после перенесенного заболевания, свидетельствуют о его тяжести.

Цель работы – представить современные данные об остром вялом миелите у детей, методах его лечения, а также оценить эффективность транспозиции нервов для восстановления функции верхней конечности.

Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed/MEDLINE, Google Scholar за период 2003–2022 гг., также использовались данные Центра по контролю и профилактике болезней США (<https://www.cdc.gov>). Был проанализирован опыт хирургического лечения 57 детей с парезами верхних конечностей вследствие острого вялого миелита, которым была выполнена транспозиция 105 нервов. Восстановление функции плечевого сустава (невротизация *n. axillaris*, *n. suprascapularis*) проводилось у 57 (54,3 %) пациентов, восстановление сгибания предплечья (невротизация *n. musculocutaneus*) – у 37 (35,2 %), восстановление разгибания предплечья – у 9 (8,5 %) (невротизация ветви *n. radialis* к *m. triceps brachii*), улучшение функции сгибателей пальцев кисти – у 1 (1 %) (невротизация ветви *n. interosseus anterior*), восстановление разгибания пальцев кисти – у 1 (1 %) (невротизация *n. interosseus posterior*).

Представленный обзор литературы показал эффективность транспозиции нервов у детей с парезами верхних конечностей вследствие острого вялого миелита в сроки до 1 года от начала болезни. При планировании этапности операций приоритеты следует отдавать восстановлению функции плечевого сустава в связи с высокой вероятностью спонтанного восстановления сгибания в локтевом суставе у детей.

Ключевые слова: острый вялый миелит, полиомиелитоподобный, полиомиелит, параличи, транспозиция нервов

Для цитирования: Агранович О.Е., Комолкин И.А. Транспозиция нервов у детей с острыми вялыми миелитами для восстановления функции верхней конечности (обзор литературы). Нервно-мышечные болезни 2024;14(1):63–75. DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-8721-2024-14-1-63-75>

Nerve transfer in children with acute flaccid myelitis for restoration of upper limb function (literature review)

O.E. Agranovich¹, I.A. Komolkin²

¹H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery; 64–68 Parkovaya St., Saint Petersburg 196603, Russia;

²Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology, Ministry of Health of Russia; 2–4 Ligovskiy Prospekt, Saint Petersburg 191036, Russia

Contacts: Olga Evgenyevna Agranovich olga_agranovich@yahoo.com

The term “acute flaccid myelitis” is used to describe a condition characterized by acute flaccid paralysis of the limb, as well as damage to the motor neurons of the spinal cord. The absence of specific treatment, severe neurological deficit that persists in 75–95 % of patients in the long term indicates its severity.

The aim of the work is to describe acute flaccid myelitis in children, modern methods of treatment, and estimate the effectiveness of nerve transfers for restoration of the upper limb function.

The search for publications was carried out in the PubMed/MEDLINE, Google Scholar databases from 2003 to 2022, and data from the US Centers for Disease Control and Prevention (<https://www.cdc.gov>) were used. There were analyzed surgical treatments of 57 children with paresis of the upper extremities due to AFM (105 nerve transfers). Restoration of shoulder function (neurotization of *n. axillaris*, *n. suprascapularis*) was performed in 57 (54.3 %) patients, elbow flexion (neurotization of *n. musculocutaneus*) in 37 (35.2 %), elbow extension in 9 (8.5 %) (neurotization of the branch of *n. radialis* to *m. triceps brachii*), fingers flexion in 1 (1 %) (neurotization of the *n. interosseus anterior* branch), fingers extension in 1 (1 %) (neurotization of *n. interosseus posterior*).

The review demonstrated the effectiveness of nerve transfers in children with paresis of the upper extremities due to acute flaccid myelitis who were operated up to 1 year from the onset of the disease.

Keywords: acute flaccid myelitis, polio-like, poliomyelitis, paralysis, nerve transfer

For citation: Agranovich O.E., Komolkin I.A. Nerve transfer in children with acute flaccid myelitis for restoration of upper limb function (literature review). *Nervno-myshechnye bolezni = Neuromuscular Diseases* 2024;14(1):63–75. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-8721-2024-14-1-63-75>

Введение

Термин «острый вялый миелит» (ОВМ) используется для описания редкого и малоизученного состояния, характеризующегося остро возникшим вялым параличом конечности, а также поражением двигательных нейронов спинного мозга [1]. Частота встречаемости ОВМ, по данным литературы, составляет 0,16–1,00 случая на 100 тыс. человек в год [2, 3].

Заболевание получило известность благодаря публикациям, посвященным массовым случаям с полиомиелитоподобной симптоматикой у детей в Калифорнии в 2012 г. и в Колорадо в 2014 г. [4]. По мнению К. Messacar и соавт. (2016), термин «полиомиелитоподобный синдром» не может быть использован для обозначения данного состояния, потому более корректно его называть ОВМ [4]. Начиная с 2012 г. вспышки ОВМ стали ежегодно регистрироваться в США с пиком заболеваемости каждые 2 года. В 2014 г. в США было выявлено 120 случаев, в 2016 г. — 153, в 2018 г. — 237, в 2020 г. — 33, в 2022 г. — 37. В настоящее время в США зарегистрировано 716 случаев ОВМ [5]. Кроме того, сотни подтвержденных случаев ОВМ зарегистрированы по всему миру и в других странах: Европе, Аргентине, Австралии, Азии, Японии, Канаде, Северной и Южной Америке, Африке [6–10].

Благодаря программе по ликвидации полиомиелита в мире, принятой Всемирной организацией здравоохранения в 1988 г., и проведению массовой вакцинации заболеваемость полиомиелитом в мире была снижена на 99 % (с 350 тыс. случаев, зарегистрированных в 122 странах в 1988 г., до 102 случаев в 2020 г. только в 2 странах: Пакистане и Афганистане) [11, 12]. В мире ликвидированы 2 из 3 штаммов «дикого» полиовируса: тип 2 в 2015 г. и тип 3 в 2019 г., и в настоящее время эндемичными для «дикого» вируса полиомиелита типа 1 являются 2 страны: Пакистан и Афганистан [12, 13]. Поскольку полиомиелит был практически полностью ликвидирован в мире, стало очевидно, что возникновение острых параличей конечностей вы-

звано другими патогенными факторами, отличными от «дикого» вируса полиомиелита. Отсутствие специфического лечения, тяжелый неврологический дефицит, сохраняющийся у 75–95 % пациентов в отдаленные сроки от начала болезни, свидетельствуют о тяжести ОВМ [4, 14]. За рубежом в последние годы активно внедряются методики хирургического лечения больных с последствиями ОВМ, в частности транспозиция нервов, для восстановления самообслуживания [14–21]. Данные об аналогичных исследованиях в отечественной литературе отсутствуют.

Цель настоящей работы — представить современные представления об ОВМ у детей, методах его лечения, а также оценить эффективность транспозиции нервов для восстановления функции верхней конечности.

Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed/MEDLINE, Google Scholar за период с 2001 по 2022 г., также использовались данные Центра по контролю и профилактике болезней США (<https://www.cdc.gov>). В обзор вошло 45 публикаций.

Этиология и патогенез острого вялого миелита

Установлено, что самой частой причиной болезни являются энтеровирусы А-71 и D-68 [17]. Также к возможным патогенным факторам относят вирус японского энцефалита, вирус Западного Нила, риновирус, вирус Эпштейна—Барр [7, 10, 15, 17]. Энтеровирус А-71 был впервые выявлен в 1969 г. в Калифорнии и с тех пор является одной из вероятных причин возникновения полиомиелитоподобных параличей во всем мире [15]. По данным Р.А. Pino и соавт. (2019), из 32 больных ОВМ у 37,5 % причиной болезни был энтеровирус D-68, у 6,3 % — риновирус, у остальных патогенный фактор не был выявлен [17]. Опыты на животных показали, что энтеровирус D-68 имеет тропность к спинному мозгу, мышцам, дыхательной системе и вызывает паралич конечностей у мышей. Однако в настоящее время точный механизм действия вируса остается неизвестным [22, 23].

Клиника и диагностика острого вялого миелита

Как правило, заболевание возникает у детей в возрасте от 3,8 до 9 лет [24, 25], при этом среди больных доминируют мальчики [24]. Предрасполагающим фактором для развития ОВМ является наличие в анамнезе астмы, атрофического дерматита, травмы головного мозга [26].

Отмечено, что в пиковые годы средний возраст больных значительно ниже, чем в непиковые: 5,2 и 8,3 года соответственно [27]. Чаще всего ОВМ болеют представители европеоидной расы и реже — монголоидной [25, 28, 29]. Пик заболеваемости приходится на период с позднего лета по раннюю осень [24, 25].

Заболевание имеет острое начало и характеризуется развитием паралича 1 или нескольких конечностей: поражение 1 конечности наблюдается в 37 % случаев, 2 — в 39 %, 3 — в 5 %, 4 — в 19 % [18, 30].

В начале болезни обычно отмечаются гриппоподобные симптомы; паралич конечностей, как правило, возникает спустя 5–7 дней от начала заболевания, при этом симптоматика может прогрессировать в последующие 48–72 ч с вовлечением в процесс мышц шеи, черепно-мозговых нервов [24]. Клинически у пациентов отмечаются жалобы на головную боль, боль в шее, спине, пораженной конечности, возможны диплопия, дисфагия, паралич мимической мускулатуры [31, 32]. У 44 % боль-

ных имеются респираторные нарушения. Респираторные симптомы чаще наблюдаются в пиковые годы заболевания, в то время как симптомы со стороны желудочно-кишечного тракта отмечаются ежегодно. Лихорадка — самый частый симптом в пиковые годы по сравнению с непиковыми: 72 и 52 % случаев соответственно [33]. По мнению D. Dinov и J.R. Donowitz (2022), в пиковые годы в популяции снижается уровень антител к энтеровирусу D-68 и другим вирусам, что и объясняет выраженность клинических симптомов у больных [27].

Острый вялый миелит отличается от травмы нервов, акушерского паралича с повреждением плечевого сплетения тем, что в патологический процесс вовлекаются передние рога спинного мозга, что приводит к тяжелому повреждению мышц и нарушению функции конечности. При этом клинические проявления не всегда соответствуют поврежденному сегменту спинного мозга [15, 19, 34, 35]. Наиболее характерно поражение мышц проксимальных отделов верхней конечности с нарушением функции плечевого сустава в 100 % случаев, локтевого сустава в 93 % случаев. Нарушение функции кисти наблюдается лишь в тяжелых случаях [17]. По данным магнитно-резонансной томографии у пациентов с ОВМ диагностируется повреждение передних рогов спинного мозга на разных уровнях [10]. Диагностические критерии ОВМ представлены в табл. 1 [10].

Таблица 1. Диагностические критерии острого вялого миелита [10]

Table 1. Diagnostic criteria of acute flaccid myelitis [10]

Критерий Criteria	Частота, % Incidence, %
Возраст младше 21 года Age <21 years	80–90
Продромальная лихорадка или респираторные синдромы Prodromal fever or viral illness	85–95
Сроки от появления первых неврологических симптомов до разгара заболевания <10 дней Neurological onset to nadir <10 days	100
Головная боль или ригидность шеи в остром периоде Headache or neck stiffness at onset	12–60
Асимметричное возникновение слабости мышц Asymmetric onset of weakness	65–95
Слабость конечностей Limb weakness	85–95
Слабость верхних конечностей Upper limb weakness	60–85
Вялость или гипорефлексия пораженных конечностей Flaccidity or hyporeflexia of affected limbs	95–100
Слабость мышц шеи, мимических мышц, бульбарные нарушения Neck, face, extraocular, or bulbar weakness	20–60
Слабость мышц туловища Trunk weakness	30–70

Окончание табл. 1
End of table 1

Критерий Criteria	Частота, % Incidence, %
Необходимость вентиляции дыхательных путей Requirement for mechanical ventilation	10–40
Дисфункция мочевого пузыря или кишечника Bladder or bowel dysfunction	5–40
Неспецифические сенсорные симптомы (например, парестезия) Non-specific sensory symptoms (eg, paresthesia)	10–20
Сердечно-сосудистая вегетативная дисфункция Cardiovascular autonomic dysfunction	<10
Плеоцитоз спинномозговой жидкости (при тестировании <5 дней от момента начала заболевания) Cerebrospinal fluid pleocytosis (with testing <5 days after onset)	85–95
Поражение спинного мозга с преобладанием серого вещества по данным МРТ Grey-matter predominant spinal cord lesion(s) on MRI	95–100
Поражение ствола головного мозга по данным МРТ Brainstem lesion(s) on MRI	35–45
Поражение серого вещества головного мозга по данным МРТ Cerebral deep grey matter lesion(s) on MRI	<5

Примечание. МРТ — магнитно-резонансная томография.
Note. MRI — magnetic resonance imaging.

Консервативное лечение

В острый период пациентам назначаются глюкокортикостероиды, иммуноглобулин, плазмаферез, однако информация об эффективности подобного лечения отсутствует. В ряде случаев необходимы кардиореспираторная поддержка, коррекция дисфункции внутренних органов, купирование болевого синдрома. 96 % детей с ОВМ требуется стационарное лечение, 58 % — нахождение в отделении интенсивной терапии [6].

По данным G.R. Nelson и соавт. (2016), после перенесенного ОВМ моторные нарушения наблюдаются у 9 больных из 10 в сроки от 1 до 9 мес [19]. Эффективность реиннервации мышц зависит от количества сохранных мотонейронов. Через несколько лет реиннервированные увеличенные двигательные единицы могут подвергаться дегенерации в результате метаболического стресса, как это описано и при полиомиелите [14]. Пациенты, у которых причиной ОВМ был энтеровирус А-71, имели более легкую клиническую картину по сравнению с теми, у кого заболевание было вызвано энтеровирусом D-68 [36]. После перенесенного заболевания неврологическое восстановление пациентов вариабельно и часто неполное. В большинстве случаев восстановление происходит на протяжении первых 12 мес после дебюта, однако в ряде случаев улучшение возможно в сроки до 18 мес [37]. У 75 % больных через 1 год сохраняется неврологический дефицит, при этом мышцы прокси-

мальных сегментов конечности восстанавливаются хуже, чем мышцы дистальных сегментов [4].

Осложнения, возникающие в ближайшие и отдаленные сроки после острого периода, можно разделить на следующие группы: неврологические (нейропатическая боль, мышечная слабость, хронический запор, дыхательная недостаточность, нарушения самостоятельного приема пищи), ортопедические (подвывихи и вывихи в суставах, ограничение активных движений, сколиоз, деформации грудной клетки, разномелкость конечностей) и психологические (тревожность, депрессия) [38].

Хирургическое лечение

У пациентов с сохраняющимся моторным дефицитом успешным является применение таких же методов лечения, как и при других болезнях с поражением периферических нервов и спинного мозга: транспозиции нервов, сухожильно-мышечной пластики. В качестве донорских используются сохраненные нервы и мышцы, которые восстанавливают функцию неработающих структур [39]. В первые 12 мес после начала болезни рекомендуется выполнять транспозицию нервов, а по истечении 1 года — сухожильно-мышечную пластику [18].

По степени тяжести параличи при ОВМ могут быть сопоставлены с преганглионарным повреждением периферических нервов. С учетом этого пересадка нервов

является единственной альтернативой для восстановления функции конечности у данного контингента больных [16]. Большинство пациентов с ОВМ имеют нарушения на уровне C5–C6, что клинически сопровождается ограничением или отсутствием отведения плеча и сгибания предплечья. При планировании этапности операций приоритеты следует отдавать восстановлению отведения в плечевом суставе, поскольку у детей имеется высокая вероятность спонтанного восстановления сгибания в локтевом суставе [16]. Так, Н.Т. Liao и соавт. (2007) наблюдали восстановление сгибания предплечья у 4 из 5 детей с ОВМ [16]. Транспозиция нервов имеет ряд преимуществ над сухожильно-мышечной пластикой, так как в ходе этой операции сохраняется исходная биомеханика мышц и суставов, данное вмешательство менее травматично, требует меньшей реабилитации и позволяет в качестве донорских использовать нервы разных анатомических областей [39].

В отличие от взрослых, у детей более короткое расстояние для прорастания нерва, высокий потенциал для регенерации, выше пластичность головного мозга, что определяет лучшие результаты лечения. Неудовлетворительные результаты лечения у детей связаны с атрофией мышц-мишеней [16].

Помимо сроков выполнения операции от начала болезни, успех операции во многом зависит от правильного выбора нервов-доноров. Тщательная оценка состояния донорских нервов, а также мышц-мишеней является необходимой частью планирования операции и включает клиническое тестирование мышц, нейрофизиологическое обследование (иглочатая и стимуляционная электромиография, интраоперационный мониторинг). В настоящее время нет общепринятых стандартов для выбора донорских нервов. По мнению К. Doi и соавт. (2019), единственным прогностически значимым фактором является представленность F-волн, что указывает на сохранность мотонейронов передних рогов спинного мозга. Нормальные параметры F-волны при стимуляции *n. ulnaris*, *n. medianus* являются индикатором того, что данные нервы могут быть использованы в качестве донорских [18]. По мнению N. Ochiai и соавт. (2019), в качестве донорского лучше выбирать нерв, который иннервирует узкую область миотома и способен восстановить силу реципиентной мышцы до 5 баллов уже на ранних сроках реиннервации [35].

Сроки оперативного лечения и сроки реиннервации мышц

Главным фактором, лимитирующим выполнение транспозиции нервов, является ограниченное «временное окно». При повреждении нижнего двигательного мотонейрона концевые пластинки мышцы подвергаются дегенерации и со временем полностью погибают, если реиннервация не происходит в сроки 18–24 мес от начала болезни. После транспозиции не-

рва донорский нерв прорастает через реципиентный (скорость прорастания у детей — 1–2 мм/сут) и достигает мышцы, что приводит к восстановлению ее функции [17].

После операции требуется реабилитация, направленная на преобразование нативного моторного ответа в ответ реципиентной мышцы, активируемой донорским нервом. Без достаточной функции мышцы нерв, уже не связанный с исходной мышцей, погибает, что ведет к дальнейшей атрофии мышцы [40]. После достижения реиннервации мышцы восстановление функции конечности происходит быстрее, чем после пересадки мышц [41].

По мнению О.С. Murphy и соавт. (2021), через 3 мес от начала болезни при плохой динамике восстановления больным показано выполнение транспозиции нервов [42]. Р.А. Pino и соавт. (2019) рекомендуют направление больных на хирургическое лечение в сроки до 6 мес от начала болезни [17].

По данным R.V. Rabinovich и соавт. (2022), оперативное лечение следует проводить пациентам, у которых через 6–9 мес от начала болезни нет клинического улучшения [20].

По той же причине С.О. Neise и соавт. (2021) считают, что хирургическое лечение больных с ОВМ должно проводиться в сроки до 1 года после перенесенной болезни во избежание фиброза мышц [14].

N. Ochiai и соавт. (2019) добились восстановления активного сгибания предплечья у ребенка после транспозиции нервов через 3 года 10 мес после ОВМ, однако последующая операция, выполненная через 6 мес (невротизация *n. suprascapularis*, *n. axillaris*), не привела к полному восстановлению функции плечевого сустава, что, по мнению авторов, свидетельствует о том, что у детей критическим сроком для успешной невротики является срок 4 года после денервации мышц [35].

S. Leechavengvongs и соавт. (2003) представили данные, согласно которым у взрослых для восстановления силы дельтовидной мышцы до 2 баллов после транспозиции ветвей лучевого нерва к длинной головке трицепса требуется 6–8 мес [43]. При травме плечевого сплетения после пересадки нервов для достижения силы дельтовидной мышцы в 1 балл требуется 4–6 мес. Данные о сроках восстановления функции конечности после подобных хирургических вмешательств у детей в литературе отсутствуют [35].

После операции Oberlin (невротизация *n. musculocutaneus* фасцикулами *n. ulnaris*) восстановление функции сгибания предплечья происходит в сроки от 5 до 9 мес (в среднем через 5 мес), после транспозиции межреберных нервов — от 4 до 8 мес [44]. По данным К. Doi и соавт. (2019), после транспозиции контралатерального C7 реиннервация *m. deltoideus* отмечается в течение 4–7 мес, а *m. infraspinatus* — через 5–8 мес после операции; после транспозиции *n. accessorius* на *n. suprascapularis* реиннервация *m. infraspinatus* отмечается через 3–4 мес,

а после невротизации *n. musculocutaneus* (фасцикулы *n. ulnaris*) восстановление функции бицепса наблюдается через 2,5–4,0 мес [18].

Н.Т. Liao и соавт. (2007) наблюдали восстановление отведения в плечевом суставе в 100 % случаев у детей, оперированных в сроки до 1 года после начала ОВМ, в то время как у взрослых с последствием травмы нервов результаты лечения были значительно хуже и менее предсказуемы [16].

Варианты транспозиции нервов у детей с острым вялым миелитом

В литературе представлены единичные работы, посвященные транспозиции нервов у больных с последствием ОВМ. Нам удалось найти 8 статей, посвященных хирургическому лечению 57 детей с парезами верхних конечностей после ОВМ, которым была выполнена транспозиция 105 нервов. Восстановление функции плечевого сустава (невротизация *n. axillaris*, *n. suprascapularis*) проводилось у 57 (54,3 %) пациентов, восстановление сгибания предплечья (невротизация *n. musculocutaneus*) — у 37 (35,2 %), восстановление разгибания предплечья (невротизация ветви *n. radialis* к *m. triceps brachii*) — у 9 (8,5 %), улучшение функции сгибателей пальцев кисти (невротизация ветви *n. interosseus anterior*) — у 1 (1 %), восстановление разгибания пальцев кисти (невротизация *n. interosseus posterior*) — у 1 (1 %) [14–21] (табл. 2).

В феврале 2007 г. S. Funahashi и соавт. впервые представили случай хирургического лечения ребенка с ОВМ, вызванным энтеровирусом А-71, который был оперирован в возрасте 1,4 года через 6 мес после начала болезни. Была выполнена невротизация *n. musculocutaneus* двумя *nn. intercostales* и *n. suprascapularis* — *n. accessorius*. Через 3 мес после операции у пациента отмечено сокращение бицепса, а еще спустя 2 мес — отведение и наружная ротация плеча. При обследовании через 2 года после хирургического вмешательства у ребенка наблюдались полное сгибание предплечья, отведение плеча более чем на 100°, хорошая наружная ротация [15].

В августе 2007 г. Н.Т. Liao и соавт. опубликовали серию случаев успешного хирургического лечения 6 детей с ОВМ в возрасте от 1,4 до 5 лет, из которых 5 были прооперированы в сроки до 1 года после перенесенного заболевания, что позволило восстановить отведение плеча до нормы во всех случаях. Один ребенок был прооперирован через 3 года после ОВМ, и восстановления движений в плечевом суставе не было достигнуто [16]. Для восстановления отведения плеча авторы использовали *n. frenicus* и *n. accessorius* (с сохранением ветви, идущей к верхней порции трапециевидной мышцы, что обеспечивало сохранение ротации лопатки вместе с отведением плеча) [16]. По мнению G.A. Merrell и соавт. (2001), более важным для восстановления отведения плеча является восстановление

n. suprascapularis по сравнению с *n. axillaris* [45]. Н.Т. Liao et al. (2007) выполняли невротизацию как 1, так и 2 нервов, без подтверждения различий по результатам лечения [16].

Дальнейшие работы по транспозиции нервов у детей стали появляться в литературе после вспышек ОВМ в США.

Е.В. Saltzman и соавт. (2018) представили 2 случая лечения детей старшего возраста (12 и 14 лет) с двусторонним парезом, вызванным энтеровирусом D-68. Авторы выполнили транспозицию *n. thoracodorsalis*, *n. pectoralis medialis* и ветви *n. radialis* на *n. axillaris* (восстановление функции плечевого сустава) и ветви *n. medianus* на ветвь *n. musculocutaneus* к *m. brachialis* (сгибания предплечья), получив при этом хороший функциональный результат [19].

В 2019 г. К. Doi и соавт. опубликовали результаты транспозиции нервов у 7 детей с ОВМ в возрасте от 4 до 10 лет, оперированных в сроки от 6 до 13 мес от начала заболевания. В общей сложности было невротизировано 14 нервов: *n. suprascapularis* (контралатеральный C7 (3), *n. accessorius* (4)), *n. axillaris* (*nn. intercostales* (1), *n. thoracodorsalis* (1)), *n. musculocutaneus* (фасцикулы *n. ulnaris* (4), *n. ulnaris* (*n. anterior interosseus* (1))). В результате операции у 50 % больных после невротизации *n. suprascapularis* *n. accessorius* достаточное отведение в плечевом суставе не было достигнуто, что связано с возможным поражением донорского нерва. Невротизация *n. axillaris* *n. thoracodorsalis* позволила восстановить полное отведение в плечевом суставе, в то время как транспозиция *nn. intercostales* на *n. axillaris* не увенчалась успехом. У 50 % больных с ОВМ отмечено спонтанное восстановление функции бицепса. В тех случаях, когда спонтанного восстановления сгибания предплечья не отмечалось, была выполнена операция Oberlin, что позволило восстановить активное сгибание в локтевом суставе до 140–150°, силу бицепса до 3 баллов [18].

P.A. Pino и соавт. (2019) проанализировали результаты лечения 32 больных с последствиями ОВМ в сроки от 6 мес и более после операции, у 16 из которых была выполнена транспозиция нервов (45 нервов, в среднем каждому пациенту выполнялась транспозиция 3 нервов). Средний возраст пациентов составил 3 года (от 4 мес до 12 лет). Оперативное лечение выполнялось в сроки от 7 до 22 мес после начала болезни. Авторы использовали 13 нервов для восстановления функции плечевого сустава, 8 — для восстановления сгибания локтевого сустава, 6 — для восстановления разгибания предплечья, 1 — для восстановления разгибания пальцев кисти [17]. Восстановление функции плечевого сустава достигалось путем пересадки донорского нерва на *n. suprascapularis* (восстановление *mm. supraspinatus et infraspinatus*) и на передний дивизион *n. axillaris* (*m. deltoideus*). В результате хирургического лечения наружная ротация в плечевом суставе против силы тяжести была восстановлена в 70 % случаев (при этом у 50 % больных

результат был отличным). Значительно худшими были результаты восстановления активного отведения в плечевом суставе: отличный результат — 20 %, неудовлетворительный — 70 %, в 10 % случаев плечевой сустав был стабилизирован, но активное отведение было недостаточным. Для восстановления сгибания в локтевом суставе донорские нервы перемещались на *n. musculocutaneus* (восстановление *m. biceps brachii*, *m. brachialis*), для разгибания — на *n. radialis* (восстановление *m. triceps brachii*). Отличные результаты были достигнуты в 87 % случаев при реконструкции сгибания предплечья и в 76 % — при восстановлении разгибания. В 1 случае для восстановления активного разгибания пальцев кисти донорский нерв был перемещен на *n. interosseus posterior*, что позволило получить отличный функциональный результат в отдаленные сроки после операции. Плохие результаты восстановления функции плечевого сустава, по мнению авторов, связаны с тем, что мышцы плечевого пояса, как и клетки передних рогов спинного мозга, могут быть одним из возможных мест репликации вируса. Под влиянием вируса в мышцах возникает некроз, в связи с чем мышцы плечевого пояса не могут быть полностью восстановлены, в отличие от мышц плеча [17].

С.О. Heise и соавт. (2021) сообщили о результатах хирургического лечения 4 детей с ОВМ в возрасте от 1 до 3 лет, которым была выполнена транспозиция нервов в сроки от 6 до 9 мес после начала заболевания. У 3 больных (уровень поражения C5–C6) для восстановления функции плечевого сустава была выполнена транспозиция *n. accessorius* на *n. supraspinatus*, для восстановления сгибания предплечья в 1 случае была проведена операция Oberlin и в 2 случаях — операция Somak (невротизация *n. axillaris* ветвью *n. radialis*), что позволило улучшить функцию конечности. В 1 случае у пациента с уровнем поражения C5–Th1 была выполнена транспозиция *n. accessorius* на *n. supraspinatus*, однако результат лечения был неудовлетворительным [14].

R.V. Rabinovich и соавт. (2022) опубликовали отдаленные результаты восстановления сгибания в локтевом суставе путем транспозиции нервов в различных вариантах: фасцикул *n. ulnaris* на *n. musculocutaneus* (7 случаев, из них 4 — на ветвь к бицепсу), фасцикул *n. medianus* на *n. musculocutaneus* (4 случая, из них 1 — на ветвь к *m. brachialis*, в 3 — на ветвь к *m. biceps brachii*), *nn. intercostales* на *n. musculocutaneus* (2 случая). У 12 (80 %) пациентов результаты лечения были отличные, у 2 (13 %) — хорошие, у 1 (7 %) — плохие [20].

P. Texakalidis и соавт. (2022) провели анализ литературы, посвященной хирургическому лечению детей с ОВМ. Для этой цели авторы отобрали 5 статей, включающих результаты лечения 44 пациентов, которым была проведена транспозиция 93 нервов. Транспозиция нервов (38 пациентов, 65 нервов) на *n. axillaris* и *n. suprascapularis* для восстановления отведения и наружной ротации плеча позволила улучшить отведение в 40,7 % случаев, наружную ротацию плеча — в 60 %. В качестве донорских нервов для невротизации *n. suprascapularis* использовали *n. accessorius* (25), *n. intercostales* (12), контралатеральный C7 (3). Для невротизации *n. axillaris* в качестве донорских нервов использовались *n. radialis* (12), *n. intercostales* (12), *n. thoracicus logum* (4), *n. ulnaris* (2), *n. thoracodorsalis* (1). 22 пациентам выполнялись невротизация *n. axillaris* и *n. suprascapularis* (восстановление отведения в плечевом суставе достигнуто в 36,4 % случаев), 3 — *n. axillaris* (восстановление отведения в 100 % наблюдений), 2 — *n. suprascapularis* (без улучшения). У 17 больных выполнялась транспозиция нервов на *n. musculocutaneus*, что позволило восстановить активное сгибание предплечья в 92,3 % наблюдений. При этом в качестве донорских были использованы *n. ulnaris* (11), *n. medialis* (4), *n. intercostalis* (2). Для восстановления разгибания локтевого сустава выполнялась невротизация ветви *n. radialis* к *m. triceps brachii*, что в 75 % случаев привело к положительным результатам. В качестве донорских использовались *n. ulnaris* (2), *n. axillaris* (2), *n. inercostalis* (2) *n. thoracicus longum* (2) [21].

Результаты транспозиции нервов у больных с ОВМ по данным литературы суммированы в табл. 2.

Заключение

Представленный обзор литературы показал эффективность транспозиции нервов у детей с парезами верхних конечностей вследствие ОВМ. Учитывая тяжелые функциональные нарушения, возникающие у пациентов после перенесенного ОВМ, представляется перспективным раннее оперативное лечение больных с данной патологией. При отсутствии положительной динамики при консервативном лечении с сохранением грубых нарушений функции конечности необходимо направлять больных на хирургическое лечение в сроки от 6 мес до 1 года от начала заболевания. При планировании этапности операций приоритет следует отдавать восстановлению функции плечевого сустава в связи с высокой вероятностью спонтанного восстановления сгибания в локтевом суставе у детей.

Таблица 2. Результаты транспозиции нервов у больных острым вялым миелитом по данным литературы
Table 2. Outcomes of nerve transposition in patients with acute flaccid myelitis according to the literature

Автор/число наблюдений Author/number of cases	Количество восстановленных нервов Number of repaired nerves	Возраст на момент заболевания Age at operation	Время операции от начала заболевания Time between palsy and operation	Реципиентный нерв Recipient nerve	Донорский нерв Donor nerve	Результат Result	Сроки после операции Follow up
S. Funahashi et al. (2007) 1 больной, 1 нерв 1 patient, 1 nerve	1	8 мес 8 m.o.	14 мес 14 months	<i>n. suprascapularis</i>	<i>n. accessorius</i>	Хорошая наружная ротация, отведение плеча >100° Good shoulder external rotation, abduction >100°	2 года 2 years
	1	8 мес 8 m.o.	14 мес 14 months	<i>n. musculocutaneus</i>	<i>nn. intercostales (2)</i>	Отличный Excellent	2 года 2 years
	2	2 года 2 y.o.	5–12 мес 5–12 months	<i>n. axillaris</i>	<i>n. frenicus</i>	Отличный – 100 % Excellent – 100 %	?
H.T. Liao et al., 2007 6 больных, 9 нервов 6 patients, 9 nerves	6	4 мес – 9,5 года 4 m.o. – 9.5 y.o.	10–12 мес 10–12 months	<i>n. suprascapularis</i>	<i>n. accessorius</i> <i>n. frenicus</i>		
E.B. Saltzman et al., 2018 2 больных, 4 нерва 2 patients, 4 nerves	1	4,5 года 4.5 y.o.	3 года 3 years	Задняя ветвь верхнего ствола Posterior division of upper trunk	<i>n. frenicus</i>	Плохой Poor	?
	2	12 лет 12 y.o.	6 мес 6 months	<i>n. axillaris</i>	<i>n. thoracodorsalis</i> , <i>n. radialis</i> к <i>caput longum m. triceps brachii</i> Long head branch fascicle of the radial nerve	Наружная ротация плеча 135°, отведение – ? Shoulder external rotation 135°, abduction – ?	35 мес 35 months
		14 лет 14 y.o.	9 мес 9 months		Фасикулы <i>n. radialis</i> Radial nerve fascicle, <i>n. pectoralis medialis</i>	Наружная ротация полная, отведение 45° Shoulder external rotation full, abduction 45°	10 мес 10 months
	2	12 и 14 лет 12 and 14 y.o.	6 и 9 мес 6 and 9 months	<i>n. musculocutaneus</i>	Фасикулы <i>n. medianus</i> Median nerve fascicle	Отличный – 2 Excellent – 2	32 и 35 мес 32 and 35 months
	1	14 лет 14 y.o.	9 мес 9 months	<i>n. interosseus anterior</i>	Ветвь <i>n. brachialis</i> <i>n. brachialis branch</i>	Полное сгибание II–V пальцев, улучшение сгибания I пальца Full II–V fingers flexion, improvement of thumb I flexion	10 мес 10 months

Продолжение табл. 2
Continuation of table 2

Автор/число наблюдений Author/number of cases	Количество восстановленных нервов Number of repaired nerves	Возраст на момент заболевания Age at operation	Время операции от начала заболевания Time between paiky and operation	Реципиентный нерв Recipient nerve	Донорский нерв Donor nerve	Результат Result	Сроки после операции Follow up
K. Doi et al., 2019 7 больных, 13 нервов 7 patients, 13 nerves	2	3,5 и 9,5 года 3.5 and 9.5 y.o.	6 мес 6 months	<i>n. axillaris</i>	<i>nn. intercostales</i>	Отведение плеча 50° Shoulder abduction 50°	30–94 мес 30–94 months
					<i>n. thoracodorsalis</i>	Отведение плеча 160° Shoulder abduction 160°	
	7	3,5–9,5 года 3.5–9.5 y.o.	6–13 мес 6–13 months	<i>n. suprascapularis</i>	Контралатеральный C7 Contralateral C7	Отведение плеча 90°, 50°, 60° Shoulder abduction 90°, 50°, 60° Наружная ротация плеча 60°, 40°, 90° Shoulder external rotation 60°, 40°, 90°	
					<i>n. accessorius</i>	Отведение плеча 30°, 130°, 40°, 180° Shoulder abduction 30°, 130°, 40°, 180° Наружная ротация плеча 90°, 70°, 80°, 90° Shoulder external rotation 90°, 70°, 80°, 90°	
					Фасцикулы <i>n. ulnaris</i> Ulnar nerve fascicle	Активное сгибание в локтевом суставе 140°, 140°, 150° Active elbow flexion 140°, 140°, 150°	
P.A. Pino et al., 2019 16 больных, 42 нерва 16 patients, 42 nerves	1	4,5 года 4.5 y.o.	10 мес 10 months	<i>n. ulnaris</i>	<i>n. interosseus anterior</i>	?	4–34 мес 4–34 months
					<i>nn. intercostales</i> (3)	Хороший – 1, плохой – 4 Good – 1, poor – 4	
	11	4 мес – 7 лет 4 m.o. – 7 y.o.	7–22 мес 7–22 months	<i>n. axillaris</i>	Фасцикулы <i>n. radialis</i> Radial nerve fascicle	Отличный – 2, ? – 1, плохой – 1 Excellent – 2, ? – 1, poor – 1	
					Фасцикулы <i>n. ulnaris</i> Ulnar nerve fascicle <i>n. thoracicus longus</i>	Плохой – 2 Poor – 2	
					<i>nn. intercostales</i> (2) <i>nn. intercostales</i> (4) <i>n. accessorius</i>	Отличный – 2, хороший – 1 Excellent – 2, good – 1 Отличный – 3, хороший – 1 Excellent – 3, good – 1 Плохой – 3, ? – 3 Poor – 3, ? – 3	

Продолжение табл. 2
Continuation of table 2

Автор/число наблюдений Author/number of cases	Количество восстановленных нервов Number of repaired nerves	Возраст на момент заболевания Age at operation	Время операции от начала заболевания Time between palsy and operation	Реципиентный нерв Recipient nerve	Донорский нерв Donor nerve	Результат Result	Сроки после операции Follow up
V.R. Patel et al. (2020) 6 больных, 12 нервов 6 patients, 12 nerves	11	4 мес – 12 лет 4 m.o. – 12 y.o.	4–34 мес 4–34 months	<i>n. musculocutaneus</i>	Фасцикулы <i>n. medianus</i> Median nerve fascicle	Отличный – 3, ? – 1 Excellent – 3, ? – 1	4–34 мес 4–34 months
	6	1–6 лет 1–6 y.o.	14 мес 14 months	<i>n. radialis</i> , ветвь к <i>m. triceps</i> Radial nerve, branch to triceps	Фасцикулы <i>n. ulnaris</i> Ulnar nerve fascicle	Отличный – 4, плохой – 1, ? – 2 Excellent – 4, poor – 1, ? – 2	34 мес 34 months
	1	5 лет 5 y.o.	14 мес 14 months	<i>n. interosseus posterior</i>	Ветвь <i>n. radialis</i> к <i>m. supinator</i> Radial nerve branch to supinator	Отличный – 1, плохой – 1, ? – 1 Excellent – 1, poor – 1, ? – 1	12 мес 12 months
	7	14 мес – 12 лет 14 m.o. – 12 y.o.	6,0–11,6 мес 6.0–11.6 months	<i>n. axillaris</i>	<i>nn. intercostales</i> (2) <i>n. radialis</i> к <i>caput longum m. triceps</i> <i>brachii</i> (4) Long head branch fascicle of the radial nerve (4)	Отличный – 1, ? – 1 Excellent – 1, ? – 1	5,3–17,5 мес 5.3–17.5 months
	2	14 мес – 12 лет 14 m.o. – 12 y.o.	6,0–9,9 мес 6.0–9.9 months	<i>n. musculocutaneus</i> (ветвь к <i>m. biceps</i> <i>brachii</i>) <i>n. musculocutaneus</i> , branch to biceps	<i>n. radialis</i> к <i>caput medialis m. triceps</i> <i>brachii</i> (1) Medial head branch fascicle of the radial nerve (4)	Отличный – 1 Excellent – 1	?

Окончание табл. 2
End of table 2

Автор/число наблюдений Author/number of cases	Количество восстановленных нервов Number of repaired nerves	Возраст на момент заболевания Age at operation	Время операции от начала заболевания Time between palsy and operation	Реципиентный нерв Recipient nerve	Донорский нерв Donor nerve	Результат Result	Сроки после операции Follow up
C.O. Heise et al., 2021 4 больных, 6 нервов 4 patients, 6 nerves	3	14 мес – 12 лет 14 m.o. – 12 y.o.	14 мес 14 months	<i>n. radialis</i> , ветвь к <i>m. triceps</i> Radial nerve, branch to triceps <i>n. radialis</i> , ветвь к <i>caput medialis m. triceps</i> Radial nerve, branch to triceps	<i>nn. intercostales</i> (1) Ветвь к <i>m. teres minor</i> (1) Branch to <i>teres minor</i> Ветвь <i>n. axillaris posterior</i> (1) Branch to posterior axillary nerves (1)	Отличный – 1 Excellent – 1 Хороший – 1 Good – 1 Отличный – 1 Excellent – 1	5,3–17,5 мес 5,3–17,5 months
	4	4 мес – 2 года 4 m.o. – 2 y.o.	6–11 мес 6–11 months	<i>n. suprascapularis</i>	<i>n. accessorius</i>	Улучшение – 3, ? – 1 Improvement – 3, ? – 1	11–36 мес 11–36 months
	1	6 мес 6 m.o.	7 мес 7 months	<i>n. axillaris</i>	<i>n. radialis</i> , ветвь к <i>caput longum m. triceps</i> Long head branch fascicle of the radial nerve	Улучшение Improvement	27 мес 27 months
R.V. Rabinovich et al., 2022 15 больных, 15 нервов 15 patients, 15 nerves	1	4 мес 4 m.o.	11 мес 11 months	<i>n. musculocutaneus</i>	Фасцикулы <i>n. ulnaris</i> Ulnar nerve fascicle	Улучшение Improvement	24 мес 24 months
	6	<1 года – 12 лет <1 y.o. – 12 y.o.	10–22 мес 10–22 months	<i>n. musculocutaneus</i>	Фасцикулы <i>n. ulnaris</i> (4) Ulnar nerve fascicle (4) <i>nn. intercostales</i> (2)	Отличный – 3, хороший – 1 Excellent – 3, good – 1 Отличный – 1, плохой – 1 Excellent – 1, Poor – 1,	12–19 мес 12–19 months
	6	2–6 лет 2–6 y.o.	9–20 мес 9–20 months	<i>n. musculocutaneus</i> (ветвь к <i>m. biceps brachii</i>) <i>n. musculocutaneus</i> , branch to biceps	Фасцикулы <i>n. ulnaris</i> (2) Ulnar nerve fascicle (2) Фасцикулы <i>n. medianus</i> (4) Median nerve fascicle (4)	Отличный – 1, хороший – 1 Excellent – 1, good – 1 Отличный – 4 Excellent – 4	12–26 мес 12–26 months
	3	<1 года – 5 лет <1 y.o. – 5 y.o.	2–8 мес 2–8 months	<i>n. musculocutaneus</i> (ветвь к <i>m. brachialis</i>) <i>n. musculocutaneus</i> , branch to brachialis	Фасцикулы <i>n. medianus</i> Median nerve fascicle	Отличный – 3 Excellent – 3	10–40 мес 10–40 months

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Hardy D., Hopkins S. Update on acute flaccid myelitis: Recognition, reporting, aetiology and outcomes. *Arch Dis Child* 2020;105(9):842–47. DOI: 10.1136/archdischild-2019-316817
- Sousa I.P. Jr., Burlandy F.M., Oliveira S.S. et al. Acute flaccid paralysis laboratorial surveillance in a polio-free country: Brazil, 2005–2014. *Hum Vaccin Immunother* 2017;13(3):717–23. DOI: 10.1080/21645515.2016.1236164.
- Lubelski D., Pennington Z., Tuffaha S. et al. Sciatic-to-femoral nerve end-to-end coaptation for proximal lower extremity function in patients with acute flaccid myelitis: technical note and review of the literature. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2021;21(1):20–6. DOI: 10.1093/ons/opab057
- Messacar K., Schreiner T.L., Van Haren K. et al. Acute flaccid myelitis: A clinical review of US cases 2012–2015. *Ann Neurol* 2016;80(3):326–38. DOI: 10.1002/ana.24730
- Centers for Disease Control (CDC) and Prevention. Acute Flaccid Myelitis (AFM). Available at: <https://www.cdc.gov/acute-flaccid-myelitis/cases-in-us.html>.
- Messacar K., Asturias E.J., Hixon A.M. et al. Enterovirus D68 and acute flaccid myelitis-evaluating the evidence for causality. *Lancet Infect Dis* 2018;18(8):e239–e247. DOI: 10.1016/S1473-3099(18)30094-X
- Dyda A., Stelzer-Braid S., Adam D. et al. The association between acute flaccid myelitis (AFM) and enterovirus D68 (EV-D68) – what is the evidence for causation? *Euro Surveill* 2018;23(3):17–00310. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2018.23.3.17-00310.
- Knoester M., Helfferich J., Poelman R. et al. 2016 EV-D68 AFM Working Group. Twenty-nine Cases of Enterovirus-D68-associated Acute Flaccid Myelitis in Europe 2016: A Case Series and Epidemiologic Overview. *Pediatr Infect Dis J* 2019;38(1):16–21. DOI: 10.1097/INF.0000000000002188
- Carballo C.M., Erro M.G., Sordelli N. et al. Acute flaccid myelitis associated with enterovirus D68 in children, Argentina, 2016. *Emerg Infect Dis* 2019;25(3):573–6. DOI: 10.3201/eid2503.170897
- Murphy O.C., Messacar K., Benson L. et al. Acute flaccid myelitis: cause, diagnosis, and management. *Lancet* 2021;397(10271):334–46. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)32723-9
- Al Awaidey S.T., Khamis F. Wild poliovirus type 1 in Oman: A re-emerging threat that requires urgent, targeted and strategic preparedness. *Sultan Qaboos Univ Med J* 2020;20(1):e1–e4. DOI: 10.18295/squmj.2020.20.01.001
- Fomban Leke R.G., King A., Pallansch M.A. et al. Certifying the interruption of wild poliovirus transmission in the WHO African region on the turbulent journey to a polio-free world. *Lancet Global Health* 2020;8(10):e1345–e1351. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30382-x
- Africa Regional Commission for the Certification of Poliomyelitis Eradication. Certifying the interruption of wild poliovirus transmission in the WHO African region on the turbulent journey to a polio-free world. *Lancet* 2020;8(10):e1345–e1351. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30382-X
- Heise C.O., de Oliveira A.J., Bhering T. et al. Nerve transfers for acute flaccid myelitis: A case series. *Childs Nerv Syst* 2021;37(1):211–5. DOI: 10.1007/s00381-020-04773-6
- Funahashi S., Nagano A., Sano M. et al. Restoration of shoulder function and elbow flexion by nerve transfer for poliomyelitis-like paralysis caused by enterovirus 71 infection. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89(2):246–8. DOI: 10.1302/0301-620X.89B2.18348
- Liao H.T., Chuang D.C., Ulusal A.E., Schrag C. Surgical strategies for brachial plexus polio-like paralysis. *Plast Reconstr Surg* 2007;120(2):482–93. DOI: 10.1097/01.prs.0000267420.76840.5f
- Pino P.A., Intravia J., Kozin S.H., Zlotolow D.A. Early results of nerve transfers for restoring function in severe cases of acute flaccid myelitis. *Ann Neurol* 2019;86(4):607–15. DOI: 10.1002/ana.25558.
- Doi K., Sem S.H., Hattori Y. et al. Surgical reconstruction for upper-extremity paralysis following acute flaccid myelitis. *JB JS Open Access* 2019;4(4):e0030. DOI: 10.2106/JBJS.OA.19.00030
- Saltzman E.B., Rancy S.K., Sneag D.B. et al. Nerve transfers for enterovirus d68-associated acute flaccid myelitis: A case series. *Pediatr Neurol* 2018;88:25–30. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2018.07.018
- Rabinovich R.V., Pino P.A., Aversano M. et al. nerve transfers for restoration of elbow flexion in patients with acute flaccid myelitis. *J Hand Surg Am.* 2022;47(1):91.e1–91.e8. DOI: 10.1016/j.jhsa.2021.02.029
- Texakalidis P., Xenos D., Murthy N.K. et al. Upper extremity nerve transfers for acute flaccid myelitis: A systematic literature review. *Childs Nerv Syst* 2022;38(3):521–6. DOI: 10.1007/s00381-021-05419-x
- Sun S., Bian L., Gao F. et al. A neonatal mouse model of enterovirus D68 infection induces both interstitial pneumonia and acute flaccid myelitis. *Antiviral Res* 2019;161:108–15. DOI: 10.1016/j.antiviral.2018.11.013
- Hixon A.M., Yu G., Leser J.S. et al. A mouse model of paralytic myelitis caused by enterovirus D68. *PLoS Pathog* 2017;13(2):e1006199. DOI: 10.1371/journal.ppat.1006199
- Messacar K., Sillau S., Hopkins S.E. et al. Safety, tolerability, and efficacy of fluoxetine as an antiviral for acute flaccid myelitis. *Neurology* 2019;92(18):e2118–e2126. DOI: 10.1212/WNL.0000000000006670
- Elrick M.J., Gordon-Lipkin E., Crawford T.O. et al. Clinical subpopulations in a sample of North American children diagnosed with acute flaccid myelitis, 2012–2016. *JAMA Pediatr* 2019;173:134. DOI:10.1001/jamapediatrics.2018.4890
- Kane M.S., Sonne C., Zhu S. et al. Incidence, risk factors and outcomes among children with acute flaccid myelitis: A population-based cohort study in a California health network between 2011 and 2016. *Pediatr Infect Dis J* 2019;38(7):667–72. DOI: 10.1097/INF.0000000000002276
- Dinov D., Donowitz J.R. Acute flaccid myelitis a review of the literature. *Front Neurol* 2022;13:1034607. DOI: 10.3389/fneur.2022.1034607
- Helfferich J., Knoester M., Van Leer-Buter C.C. et al. Acute flaccid myelitis and enterovirus D68: Lessons from the past and present. *Eur J Pediatr* 2019;78:1305–15. DOI: 10.1007/s00431-019-03435-3
- Gordon-Lipkin E., Muñoz L.S., Klein J.L. et al. Comparative quantitative clinical, neuroimaging, and functional profiles in child-ren with acute flaccid myelitis at acute and convalescent stages of disease. *Dev Med Child Neurol* 2019;61:366–75. DOI: 10.1111/dmcn.14030
- Chong P.F., Kira R., Mori H. et al. Acute flaccid myelitis collaborative study investigators. clinical features of acute flaccid myelitis temporally associated with an enterovirus d68 outbreak: Results of a nationwide survey of acute flaccid paralysis in Japan, August–December 2015. *Clin Infect Dis* 2018;66(5):653–64. DOI: 10.1093/cid/cix860
- Hopkins S.E. Acute flaccid myelitis: Etiologic challenges, diagnostic and management considerations. *Curr Treat Options Neurol* 2017;19(12):48. DOI: 10.1007/s11940-017-0480-3
- Yea C., Bitnun A., Robinson J. et al. Longitudinal outcomes in the 2014 acute flaccid paralysis cluster in Canada. *J Child Neurol* 2017;32(3):301–7. DOI: 10.1177/0883073816680770
- McLaren N., Lopez A., Kidd S. et al. Characteristics of patients with acute flaccid myelitis, United States, 2015–2018. *Emerg Infect Dis* 2020;26(2):212–9. DOI: 10.3201/eid2602.191453
- Liao H.T., Chuang D.C., Ulusal A.E., Schrag C. Surgical strategies for brachial plexus polio-like paralysis. *Plast Reconstr Surg* 2007;120(2):482–93. DOI: 10.1097/01.prs.0000267420.76840.5f
- Ochiai N., Matsumoto Y., Hara Y. et al. For how long do denervated muscles in children retain the ability to regenerate? Restoration of elbow flexion and shoulder function by partial nerve transfer in a child with long-standing poliomyelitis-like paralysis. *J Orthop Sci* 2019;24(2):195–9. DOI: 10.1016/j.jos.2018.10.014
- Messacar K., Spence-Davison E., Osborne C. et al. Clinical characteristics of enterovirus A71 neurological disease during an outbreak

- in children in Colorado, USA, in 2018: An observational cohort study. *Lancet Infect Dis* 2020;20(2):230–9. DOI: 10.1016/S1473-3099(19)30632-2
37. Kirolos A., Mark K., Shetty J. et al. NHS Lothian EV-D68 Associated AFM Study Group. Outcome of paediatric acute flaccid myelitis associated with enterovirus D68: A case series. *Dev Med Child Neurol* 2019;61(3):376–80. DOI: 10.1111/dmcn.14096
38. Bove R., Rowles W., Carleton M. et al. Unmet needs in the evaluation, treatment, and recovery for 167 children affected by acute flaccid myelitis reported by parents through social media. *Pediatr Neurol* 2020;102:20–7. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2019.08.009
39. Emamhadi M., Andalib S. Double nerve transfer for restoration of hand grasp and release in C7 tetraplegia following complete cervical spinal cord injury. *Acta Neurochir (Wien)* 2018;160(11):2219–24. DOI: 10.1007/s00701-018-3671-0
40. Werner J.M., Berggren J., Kim G. et al. Recommendations for therapy following nerve transfer for children with acute flaccid myelitis. *Phys Occup Ther Pediatr*. 2021;41(2):209–26. DOI:10.1080/01942638.2020.1822981.
41. Malessy M.J., Bakker D., Dekker A.J. et al. Functional magnetic resonance imaging and control over the biceps muscle after intercostal-musculocutaneous nerve transfer. *J Neurosurg* 2003;98(2):261–8. DOI: 10.3171/jns.2003.98.2.0261
42. Murphy O.C., Messacar K., Benson L. et al. AFM working group. Acute flaccid myelitis: cause, diagnosis, and management. *Lancet* 2021;23;397(10271):334–46. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)32723-9
43. Leechavengvongs S., Witoonchart K., Uerpaiojkit C., Thuvasethakul P. Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps, part II: A report of 7 cases. *J Hand Surg Am* 2003;28(4):633–8. DOI: 10.1016/s0363-5023(03)00199-0
44. Teboul F., Kakkar R., Ameer N. et al. Transfer of fascicles from the ulnar nerve to the nerve to the biceps in the treatment of upper brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(7):1485–90. DOI: 10.2106/00004623-200407000-00018
45. Merrell G.A., Barrie K.A., Katz D.L., Wolfe S.W. Results of nerve transfer techniques for restoration of shoulder and elbow function in the context of a meta-analysis of the English literature. *J Hand Surg Am* 2001;26(2):303–14. DOI: 10.1053/jhsu.2001.21518

Вклад авторов

О.Е. Агранович: разработка методологии, изучение источников литературы, написание статьи;

И.А. Комолкин: изучение источников литературы, написание статьи.

Authors' contributions

O.E. Agranovich: development of methodology, study of the literature sources, writing the article;

I.A. Komolkin study of the literature sources, writing the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

О.Е. Агранович / O.E. Agranovich: <https://orcid.org/0000-0002-6655-4108>

И.А. Комолкин / I.A. Komolkin: <https://orcid.org/0000-0002-0021-9008>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.