



СИНДРОМ ФИКСИРОВАННОГО СПИННОГО МОЗГА ПРИ SPINA BIFIDA: КЛИНИКО-ЛУЧЕВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПОКАЗАНИЯ К ОПЕРАТИВНОМУ ВМЕШАТЕЛЬСТВУ (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

С.О. Рябых^{1,2}, С.А. Горчаков³, А.А. Калашников^{1,3}

¹Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Москва, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского, Москва, Россия

Цель исследования. Анализ данных литературы по клинико-лучевой характеристике синдрома фиксированного спинного мозга при *spina bifida*, а также определение показаний к оперативному лечению.

Материал и методы. Выполнен поиск проспективных когортных клинических исследований в базах данных Pubmed, EMBASE, eLibrary и Cochrane Library, опубликованных в 2005–2023 гг., оценивающих клинико-лучевую картину и показания к оперативной коррекции синдрома фиксированного спинного мозга при *spina bifida*. Поиск литературных данных осуществлял один исследователь. Исследование выполнено в соответствии с международными рекомендациями по написанию систематических обзоров и метаанализов PRISMA. Уровни достоверности доказательности и градации силы рекомендаций оценивали по протоколу ASCO.

Результаты. В базах данных обнаружены 394 источника литературы. Повторяющиеся материалы (n = 81) удалены. При исключении неполнотекстовых статей осталась 251 работа, но только 28 соответствовали критериям включения и подверглись анализу. По доказательности 18 работ отнесены к уровню B, 10 – к уровню C.

Заключение. Компонентами синдрома фиксации спинного мозга являются дистопированный конус спинного мозга, укороченная фиксированная терминальная нить, наличие люмбосакральной липомы. При этом четкие критерии интегральной оценки клинико-морфофункционального состояния пациентов на сегодняшний день отсутствуют, а имеющиеся шкалы не являются специфичными. Описанные МР-критерии ограничены уровнем доказательности, несмотря на это, они отражают высокий уровень консенсуса между экспертами, в том числе по определению показаний к хирургической дефиксации спинного мозга. Отсутствие четких показаний к оперативному вмешательству, дискуссионность выполнения профилактической дефиксации спинного мозга требуют дальнейшего изучения проблемы с акцентом на анализ критериев синдрома натяжения спинного мозга.

Ключевые слова: дети, *spina bifida*, спинной мозг, мальформации спинного мозга, синдром фиксированного спинного мозга.

Для цитирования: Рябых С.О., Горчаков С.А., Калашников А.А. Синдром фиксированного спинного мозга при *spina bifida*: клинико-лучевая характеристика и показания к оперативному вмешательству (систематический обзор литературы) // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 1. С. 27–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.1.27-34>.

TETHERED SPINAL CORD SYNDROME ASSOCIATED WITH SPINA BIFIDA: CLINICAL AND RADIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND INDICATIONS FOR SURGERY (SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE)

S.O. Ryabykh^{1,2}, S.A. Gorchakov³, A.A. Kalashnikov^{1,3}

¹Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Moscow, Russia

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³Speransky Children's City Clinical Hospital No. 9, Moscow, Russia

Objective. To analyze literature data on clinical and radiation characteristics of the tethered spinal cord syndrome in *spina bifida* and to define criteria for indications for surgical treatment.

Material and Methods. A search for prospective cohort clinical studies evaluating the clinical and radiation picture and indications for surgical correction of the tethered spinal cord syndrome associated with *spina bifida*, published in 2005–2023 was performed in the Pubmed, EMBASE, eLibrary and the Cochrane Library databases. The literature search was carried out by one researcher. The study was carried out in accordance with the international recommendations for writing systematic reviews and meta-analyses PRISMA. The levels of evidence for reliability and grades of the strength of recommendations were evaluated according to the ASCO Guidelines.

Results. A total of 394 literature sources were found in the databases. Duplicate materials ($n = 81$) have been removed. When non-full-text articles were excluded, only 28 out of 251 remained studies met the inclusion criteria and were analyzed. According to the level of evidence, 18 of them were classified as B level, and 10 – as C level.

Conclusion. The components of the tethered spinal cord syndrome are a dystopic spinal cord cone, a shortened fixed filum terminale, and the presence of a lumbosacral lipoma. At the same time, there are currently no clear criteria for the integral assessment of the clinical and morphofunctional state of patients, and the available scales are not specific. The described MRI criteria are limited by the level of evidence, but despite this, they reflect a high level of consensus among experts, including that on the defining indications for surgical spinal cord untethering. The lack of clear indications for surgical intervention and the debatability of performing preventive untethering of the spinal cord require further study of the problem with an emphasis on analyzing the criteria for tethered spinal cord syndrome.

Key Words: children, *spina bifida*, spinal cord, spinal cord malformations, tethered spinal cord syndrome.

Please cite this paper as: Ryabikh SO, Gorchakov SA, Kalashnikov AA. Tethered spinal cord syndrome associated with spina bifida: clinical and radiological characteristics and indications for surgery (systematic review of the literature). *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(1):27–34. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.1.27-34>.

Spina bifida – врожденный порок развития, в основе которого лежит расщепление позвоночника вследствие нарушения закрытия нервной трубки на 4-й неделе эмбрионального развития. Частота встречаемости составляет в среднем около 1 случая на 1000 новорожденных и, по мнению большинства авторов, напрямую коррелирует с генетическими факторами риска. Уровень поражения позвоночного столба определяет выраженность клинических проявлений, в частности степень неврологических нарушений и дисфункции тазовых органов [2]. Часто менингомиелоцеле ассоциируется с выраженным неврологическим дефицитом или другими врожденными нарушениями, такими как гидроцефалия и мальформация Киари [3].

Одним из самых частых проявлений *spina bifida* является первичный

или вторичный синдром фиксированного спинного мозга (СФСМ). Причиной развития первичного СФСМ является низкое (каудальной уровня L_1-L_2) расположение терминального отдела спинного мозга за счет прикрепления плакоты к окружающим тканям, что приводит к натяжению спинного мозга и часто ассоциируется с наличием толстой терминальной нити. Вторичный синдром развивается как следствие хирургического вмешательства по поводу менингомиелоцеле.

СФСМ объединяет ряд неоднородных по этиологии, но схожих по патогенезу патологических состояний, проявления которых являются следствием выпадения функций каудального отдела спинного мозга и его корешков, включающих прогрессирующие неврологические, ортопедические и урологические

симптомы: слабость и боли в нижних конечностях, снижение мобильности, косолапость, нарушение функции тазовых органов, рецидивирующие мочевиные инфекции и нарушения сенсорных функций [3].

Несмотря на наличие общих взглядов на развитие СФСМ (этиопатогенез) и клинко-диагностическую картину, можно констатировать отсутствие единых показаний для дефиксации спинного мозга и его элементов. Отсутствие четких показаний к оперативному вмешательству, в том числе неоднозначность концепции профилактической дефиксации, требует дальнейшего изучения проблемы, уточнения показаний к операции, что и определило цель работы.

Цель исследования – анализ данных литературы по клинко-лучевой характеристике СФСМ при *spina bifida*,

Таблица 1

Критерии включения/исключения и селекции публикаций в соответствии с принципами PRISMA

| Элементы PRISMA | Включения | Исключения |
|-----------------|---|--|
| Участники | Дети младше 18 лет, получившие хирургическое лечение по поводу синдрома фиксированного спинного мозга | Пациенты старше 18 лет, пациенты, которые не лечились по поводу синдрома фиксированного спинного мозга |
| Вмешательство | Оперативное лечение синдрома фиксированного спинного мозга у больных со <i>spina bifida</i> | Оперативное лечение синдрома фиксированного спинного мозга, не связанного со <i>spina bifida</i> |
| Сравнение | Группы исследования в отобранных статьях | |
| Результат | МР-семиотика, клиническая картина, показания к оперативному вмешательству | |
| Дизайн | Нерандомизированные, ретроспективные, проспективные | Рандомизированные, клинические случаи, серии клинических случаев |
| Публикации | На русском, английском языках, полнотекстовые | На любых других языках, без доступа к полному тексту |

а также определение критериев показаний к оперативному лечению.

Материал и методы

Произведен поиск проспективных когортных клинических исследований в базах данных Pubmed, EMBASE, eLibrary и Cochrane Library, опубликованных в 2005–2023 гг., оценивающих МР-семиотику, клиническую симптоматику, показания к оперативной коррекции СФСМ при *spina bifida*. Поиск осуществлял один исследователь, исследование выполнено в соответствии с международным протоколом PRISMA (табл. 1).

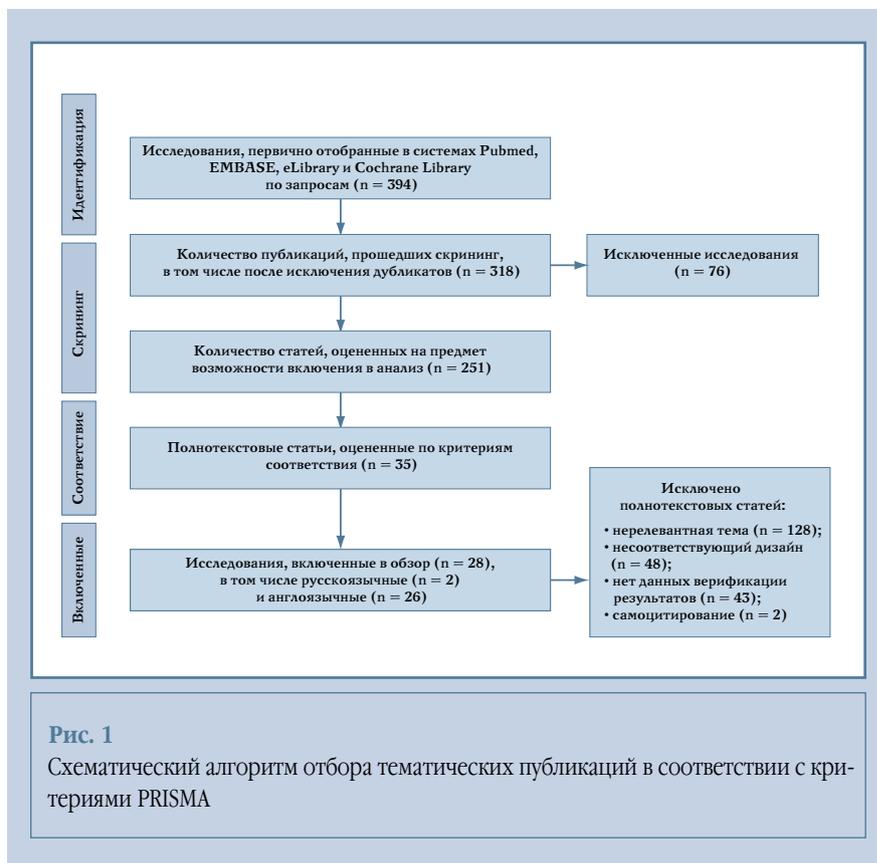
В рамках протокола PRISMA на первом этапе выполняли поиск литературных источников с использованием ключевых слов «синдром фиксированного спинного мозга», «*spina bifida*», «tethered cord syndrome», «meningomyelocele», «post-MMC syndrome». Глубина поиска – 18 лет. На втором этапе исключили публикации, не соответствующие критериям исследования, на третьем – просмотрели полные тексты отобранных статей на соответствие критериям включения и список литературы на наличие релевантных исследований (табл. 1, рис. 1).

Дополнительно поиск тематических источников выполнили по ключевым словам посредством запросов в нейросети GPT-Chat (табл. 2, рис. 2).

Проводили ранжирование работ по уровню достоверности доказательности (от I до V) и уровням градации силы рекомендаций (от A до D) с использованием протокола Американского общества клинической онкологии (ASCO) [4, 5], также используемой при подготовке клинических рекомендаций в Российской Федерации, с селекцией наиболее цитируемых тематических работ.

Результаты

В базах данных обнаружили 394 источника литературы (рис. 3). Повторяющиеся материалы (n = 81) удалили. При исключении неполнотекстовых статей осталась 251 работа, но только 28 подвергли анализу, поскольку они соответствовали критериям включения (табл. 3). Уро-



вень доказательности 18 исследуемых работ – В, 10 – С.

Выявлены 2 наиболее цитируемых исследования: проспективное мультицентровое рандомизированное клиническое исследование Corp et al. [7], посвященное клинико-лучевой картине СФСМ (225 цитирований); проспективное мультицентровое рандомизированное клиническое исследование Yamada et al. [8], посвященное патогенезу и клинической картине СФСМ (148 цитирований).

Для анализа контента работ в разделе «Обсуждение» последние были

ранжированы для ответа на основные вопросы исследования:

- что является компонентами СФСМ в зависимости от уровня *spina bifida*?
- какова МР-семиотика СФСМ?
- что является показанием для хирургической дефиксации спинного мозга?

Обсуждение

Компоненты фиксации спинного мозга в зависимости от уровня spina bifida

Исходя из принципов биомеханики можно утверждать, что каудальный отдел спинного мозга является демп-

Таблица 2

Сравнение этапного поиска тематических публикаций в соответствии с критериями PRISMA и с помощью нейросети GPT-Chat

| Параметры | Самостоятельный литературный поиск | GPT-Chat |
|---------------|------------------------------------|--------------------------|
| Идентификация | 394 | 420 |
| Скрининг | 251 | 273 |
| Соответствие | 36 | 51 |
| Включение | 28 | 38, из них корректны – 8 |

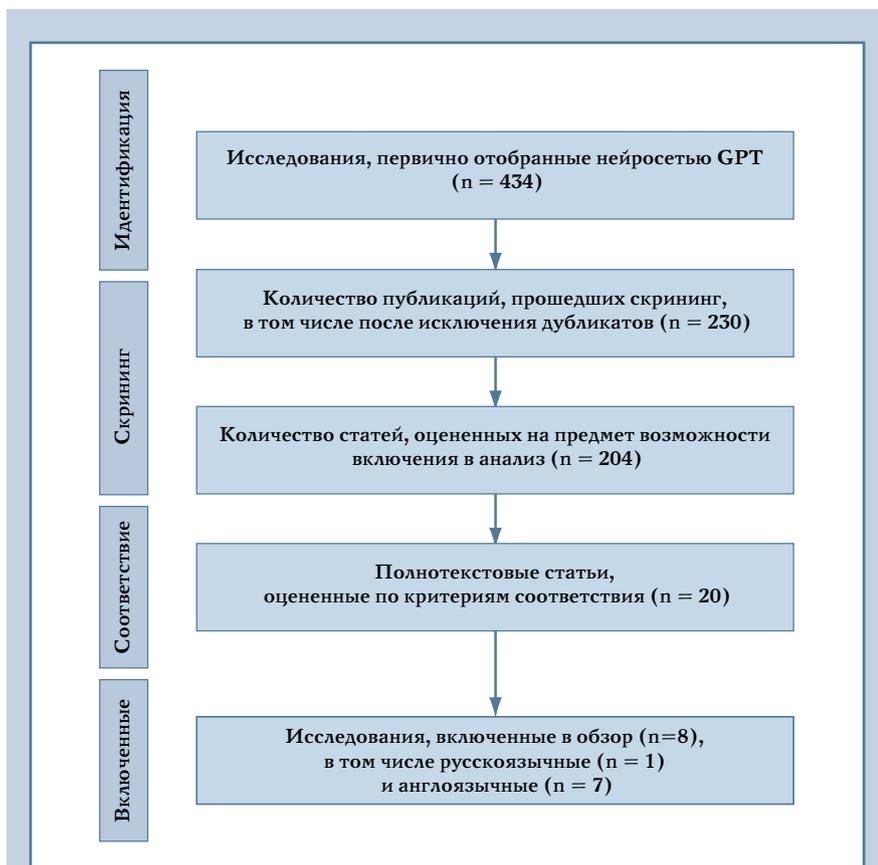


Рис. 2

Схематический алгоритм отбора тематических публикаций в нейросети GPT-Chat

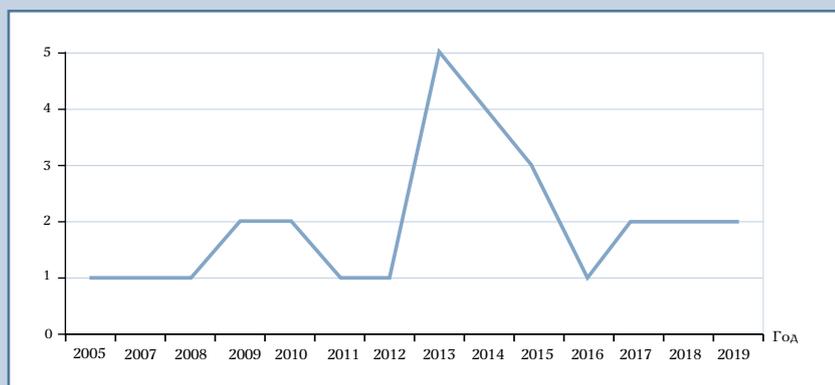


Рис. 3

Диаграмма числа опубликованных тематических работ, включенных в обзор

ферной системой, представленной в верхних отделах зубчатыми связками, расположенными на уровне Th₁₂-L₁ сегментов, а в нижних отделах спинного мозга – терминальной

нитью. Yamada et al. [8] установили, что данная система препятствует натяжению спинного мозга выше уровня Th₁₂-L₁ позвонков. При нарушении эластических свойств терминальной

нити снижаются ее демпфирующие свойства и баланс спинного мозга в целом.

Основными причинами фиксации спинного мозга являются липоменингомиелоцеле, диастематомиелия. Реже встречаются комплексные каудальные мальформации, передние менингоцеле, нейроэнтэральные кисты, крестцовые менингеальные дивертикулы с жировой терминальной нитью, терминальная сирингомиелия и синдром каудальной регрессии. В условиях приобретенной патологии источником фиксации и возможной тракции спинного мозга является интрадуральная послеоперационная рубцовая ткань.

Патогенетической основой СФСМ является механическое натяжение каудального отдела спинного мозга, приводящее к локальной ишемии, нарушению биоэлектрической активности спинного мозга, а на молекулярном уровне – к угнетению окислительного фосфорилирования и аксональной дегенерации [10]. Реваскуляризация отделов спинного мозга после хирургического устранения фиксации объясняет обратимый характер неврологических расстройств. Данные патологические изменения склонны к прогрессии в период активного роста ребенка, приводя к усугублению клинической картины и формированию стойкого неврологического дефицита [11–13].

МР-семиотика синдрома фиксированного спинного мозга

Диагностические мероприятия при вторичном СФСМ сводятся к сопоставлению клиничко-лучевой картины, электрофизиологических критериев с учетом динамики состояния больного. Основными неврологическими проявлениями синдрома фиксации и натяжения спинного мозга являются изменения походки, нарушения функций тазовых органов, включая персистирующую инфекцию мочевыводящих путей. Семиотика ортопедических нарушений включает в себя деформацию оси позвоночника (чаще сколиоз и лордосколиоз), нестабильность тазобедренных суставов, контракту-

Таблица 3

Общая характеристика исследований, включенных в систематический обзор

| Исследование | Год | Страна | Тип исследования | Пациенты, n | УД | ГР |
|-----------------------------|------|-------------------------|------------------|-------------|-----|----|
| Курцер М.А. с соавт. [2] | 2018 | Россия | ПКИ | 7 | IV | C |
| Хачатрян В.А. с соавт. [17] | 2009 | Россия | ПКИ | 34 | IV | C |
| Copp et al. [7] | 2015 | Великобритания | ПКИ/РКИ | 22 | II | B |
| Hudgins, Gilreath [6] | 2004 | США | ПКИ | 12 | II | B |
| Horrión et al. [19] | 2014 | Бельгия | ПКИ | 20 | II | B |
| Furtado et al. [31] | 2020 | США/Германия | ПКИ/РКИ | 26 | II | B |
| Hertzler et al. [18] | 2010 | США | ПКИ | 47 | III | C |
| Caldarelli et al. [9] | 2013 | Италия/США | ПКИ | 22 | III | C |
| Mazzola et al. [10] | 2019 | Италия | ПКИ | 18 | II | B |
| Blount et al. [27] | 2007 | США | ПКИ | 30 | III | C |
| Henderson et al. [29] | 2005 | США | ПКИ | 38 | II | B |
| Danzer et al. [20] | 2016 | США | ПКИ/РКИ | 27 | II | B |
| Hsieh et al. [21] | 2010 | США | ПКИ | 26 | II | B |
| Hoving et al. [22] | 2011 | Великобритания | ПКИ | 65 | II | B |
| Hsieh et al. [23] | 2006 | США | ПКИ | 24 | II | C |
| McCarthy et al. [24] | 2019 | США | ПКИ | 27 | III | C |
| Barley et al. [25] | 2010 | США | ПКИ | 19 | II | B |
| Ogiwara et al. [13] | 2011 | Япония/США | ПКИ | 16 | II | B |
| Filippi et al. [14] | 2010 | Австралия | ПКИ | 13 | II | B |
| Massimi et al. [15] | 2011 | Италия | ПКИ/РКИ | 18 | II | B |
| Yamada, Won [16] | 2007 | Япония | РКИ | 37 | II | B |
| Yamada et al. [8] | 2007 | Япония | РКИ | 34 | III | C |
| Lew, Kothbauer [1] | 2007 | США | ПКИ | 41 | III | C |
| Adzick et al. [11] | 2011 | Великобритания | РКИ | 14 | II | B |
| Verbeek et al. [12] | 2012 | США/Нидерланды/Германия | РКИ | 21 | III | C |
| Sharma et al. [30] | 2006 | Индия | РКИ | 22 | III | C |
| Bloria et al. [3] | 2020 | Индия | ПКИ | 19 | II | B |
| Shobeiri et al. [26] | 2021 | Иран | ПКИ | 21 | III | C |

ПКИ – проспективное когортное исследование; РКИ – рандомизированное клиническое исследование; УД – уровень доказательности американского общества клинической онкологии ASCO [32]; ГР – градации рекомендаций по ASCO.

ры коленных суставов и деформацию стоп. При этом четкие критерии интегральной оценки клинико-морфофункционального состояния пациентов отсутствуют, а имеющиеся шкалы (Ashworth, Modified Tardieu Scale, mJOA, SBNS) не являются специфичными [29, 30].

МР-признаки фиксации спинного мозга присутствуют у всех больных, оперированных по поводу СФСМ [11]. При этом симптоматические варианты СФСМ наблюдаются только у 30 % больных. Формирование фиксации, как правило, происходит на уровне предыдущего оперативного вмешательства. В этом случае происходит образование спаек между спинным

мозгом и его оболочками, а иногда и с рубцово-измененными мягкими тканями. Зачастую фиксация спинного мозга формируется на уровне L₄–S₃ позвонков [14, 15]. По данным Yamada и Won [16], риск возникновения симптоматического варианта синдрома вторичной фиксации спинного мозга возрастает при дистопии конуса спинного мозга каудальнее уровня S₁ позвонка.

Таким образом, МРТ является золотым стандартом диагностики, а основные МР-критерии фиксации спинного мозга обоснованы Horrión et al. в 2014 г. [19]:

1) дистопия конуса спинного мозга ниже уровня L₁–L₂ позвонков;

2) сирингомиелия – интрамедуллярное кистозное образование; небольшие кисты имеют трубчатую форму, тогда как крупные кисты принимают вид бус или мешотчатых полостей, разделенных перегородками;

3) миелопатия – при развитии фиксации на шейном, грудном уровнях; визуально – веретеновидное утолщение спинного мозга, локальное усиление (T₂-ВИ) или снижение (T₁-ВИ) интенсивности сигнала спинного мозга;

4) липома терминальной нити – гиперинтенсивное (T₁-ВИ) интрадуральное объемное образование, интимно связанное с терминальной нитью;

5) утолщение терминальной нити 2 мм и более.

Показания для дефиксации спинного мозга

Одной из причин неоправданного расширения показаний к оперативному вмешательству является полиэтиологичность СФСМ. С учетом этого предложено считать показанием к хирургическому лечению сочетание МР-признаков, клинической картины синдрома вторичной фиксации спинного мозга и прогрессирование неврологической симптоматики [1, 5, 9], что, по сути, отражает клинко-нейровизуляционную картину синдрома натяжения спинного мозга. Наряду с этим, большинство исследователей [21–23] отмечают преимущественно транзиторный характер исходной неврологической симптоматики при ранней коррекции СФСМ и в редких случаях выраженную положительную динамику после проведения дефиксации у пациентов с длительной существующей симптоматикой.

Эволюция методов анестезиологического пособия, техники микрохирургической диссекции, интраоперационного контроля действий хирурга, в основном нейрофизиологического мониторинга, определила в целом успешность оперативного вмешательства во всех возрастных группах сразу после клинической и инстру-

ментальной верификации патологии, даже при бессимптомном течении заболевания [24–26]. В результате этого сформировалось представление о превентивном устранении фиксации до манифестации клинической симптоматики, направленном на предотвращение возможного необратимого повреждения спинного мозга [27, 28].

Актуальным представляется устранение фиксации у подростков до наступления периода ускоренного роста [26]. Однако в настоящее время данная тактика подвергается жесткой критике в связи с нарастанием послеоперационного неврологического, уродинамического дефицита, а также частотой появления и прогрессирования ортопедических осложнений [7, 10].

Заключение

Компонентами СФСМ являются дислоцированный конус спинного мозга, укороченная терминальная нить, люмбосакральная липома. При этом четкие критерии интегральной оценки клинко-морфофункционального состояния пациентов отсутствуют, а имеющиеся шкалы не являются специфичными. Описанные МР-критерии ограничены уровнем доказательности, однако отражают высокий уровень внутриэкспертного консенсуса, в том числе по определению показаний к дефиксации спинного мозга.

Отсутствие четких показаний к оперативному вмешательству, дискутабельность выполнения профилактической дефиксации спинного мозга требуют дальнейшего изучения проблемы с акцентом на дефиницию «синдром натяжения спинного мозга» и анализом его клинко-нейровизуляционных критериев.

Ограничения исследования. Во-первых, авторы стремились ограничить исследование рамками синдрома вторичной фиксации спинного мозга с анализом критериев синдрома натяжения спинного мозга и показаний для хирургической дефиксации. Во-вторых, в исследование осознанно не включены работы с анализом результативности пренатальных вмешательств. В-третьих, выявлен явный дефицит исследований с высоким уровнем доказательности, а также внутри- и межэкспертных консенсусов, что влияет на результаты обзора.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальными этическими комитетами учреждений.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

1. **Lew SM, Kothbauer KF.** Tethered cord syndrome: an updated review. *Pediatr Neurosurg.* 2007;43:236–248. DOI: 10.1159/000098836.
2. **Курцер М.А., Притыко А.Г., Спиридонова Е.И., Зверева А.В., Соколовская Ю.В., Петраки В.Л., Асадов Р.Н., Полякова О.В., Аболиц М.А., Кутакова Ю.Ю.** Открытая внутриутробная хирургическая коррекция *spina bifida* у плода // Акушерство и гинекология. Новости. Мнения. Обучение. 2018. № 4 (22). С. 38–44. [Kurtser MA, Prityko AG, Spiridonova EI, Zvereva AV, Sokolovskaya YuV, Petraki VL, Asadov RN, Polyakova OV, Abolits MA, Kutakova YuYu. Open fetal surgery for spina bifida. *Obstetrics and gynecology. News, opinions and training.* 2018;6(4): 38–44]. DOI: 10.24411/2303-9698-2018-14004.
3. **Bloria SD, Chauhan R, Luthra A, Mahajan C.** Management of a patient with meningomyelocele. In: *Problem Based Learning Discussions in Neuroanesthesia and Neurocritical Care*, ed. by Prabhakar H, Rajan S, Kapoor I, Mahajan C. Springer Nature eBook, 2020;163–178.
4. **Бубнова М.Г., Бутина Е.К., Выгодин В.А., Колтунов И.Е., Кукушкин С.К., Кутышенко Н.П., Луккина Ю.В., Марцевич С.Ю., Оганов Р.Г., Поддубская Е.А., Шальнова С.А.** Основы доказательной медицины. М., 2010. [Bubnova MG, Butina EK, Vygodin VA, Koltunov IE, Kukushkin SK, Kutishenko NP, Lukina YuV, Martsevich SYu, Oganov RG, Poddubskaya EA, Shalnova SA. *Fundamentals of evidence-based medicine: textbook.* Moscow, 2010].
5. **Somerfield MR, Padberg JR, Pfister DG, Bennett CL, Recht A, Smith TJ, Weeks JC, Winn RJ, Durant JR.** ASCO clinical practice guidelines: progress, pitfalls, and prospects. *Class Pap Curr Comments.* 2000;4:881–886.
6. **Hudgins RJ, Gilreath CL.** Tethered spinal cord following repair of myelomeningocele. *Neurosurg Focus.* 2004;16:E7. DOI: 10.3171/foc.2004.16.2.8.
7. **Copp AJ, Adzick NS, Chitty LS, Fletcher JM, Holmbeck GN, Shaw GM.** Spina bifida. *Nat Rev Dis Primers.* 2015; 1:15007. DOI: 10.1038/nrdp.2015.7.
8. **Yamada S, Won DJ, Yamada SM.** Pathophysiology of tethered cord syndrome: correlation with symptomatology. *Neurosurg Focus.* 2007;16:E6. DOI: 10.3171/foc.2004.16.2.7.

9. **Caldarelli M, Boscarelli A, Massimi L.** Recurrent tethered cord: radiological investigation and management. *Childs Nerv Syst.* 2013;29:1601–1609. DOI: 10.1007/s00381-013-2150-4.
10. **Mazzola CA, Tyagi R, Assassi N, Bauer DF, Beier AD, Blount JP, Durham SR, Flannery AM, Klimo P Jr, McClung-Smith C, Nikas DC, Rehling P, Tamber MS.** Congress of Neurological Surgeons systematic review and evidence-based guideline on the incidence of tethered cord syndrome in infants with myelomeningocele with prenatal versus postnatal repair. *Neurosurgery.* 2019;85:E417–E419. DOI: 10.1093/neuros/nyz266.
11. **Adzick NS, Thom EA, Spong CY, Brock JW 3rd, Burrows PK, Johnson MP, Howell LJ, Farrell JA, Dabrowiak ME, Sutton LN, Gupta N, Tulipan NB, Dalton ME, Farmer DL.** A randomized trial of prenatal versus postnatal repair of myelomeningocele. *N Engl J Med.* 2011;364:993–1004. DOI: 10.1056/NEJMoa1014379.
12. **Verbeek RJ, Heep A, Maurits NM, Cremer R, Hoving EW, Brouwer OF, van der Hoeven JH, Sival DA.** Fetal endoscopic myelomeningocele closure preserves segmental neurological function. *Dev Med Child Neurol.* 2012;54:15–22. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2011.04148.x.
13. **Ogiwara H, Lyszczarz A, Alden TD, Bowman RM, McLone DG, Tomita T.** Retethering of transected fatty filum terminals. *J Neurosurg Pediatr.* 2011;7:42–46. DOI: 10.3171/2010.10.PEDS09550.
14. **Filippi CG, Andrews T, Gonyea JV, Linnel G, Cauley KA.** Magnetic resonance diffusion tensor imaging and tractography of the lower spinal cord: application to diastematomyelia and tethered cord. *Eur Radiol.* 2010;20:2194–2199. DOI: 10.1007/s00330-010-1797-4.
15. **Massimi L, Peraio S, Peppucci E, Tamburrini G, Di Rocco C.** Section of the filum terminale: is it worthwhile in Chiari type I malformation? *Neurol Sci.* 2011;32 Suppl 3:349–351. DOI: 10.1007/s10072-011-0691-4.
16. **Yamada S, Won DJ.** What is the true tethered cord syndrome? *Childs Nerv Syst.* 2007;23:371–375. DOI: 10.1007/s00381-006-0276-3.
17. **Хачатрян В.А., Орлов Ю.А., Осипов И.Б., Еликбаев Г.М.** Спинальные дисрафии: нейрохирургические и нейроурологические аспекты. СПб., 2009. [Khachatryan VA, Orlov YuA, Osipov IB, Elikbaev GM. Spinal Dysraphism: Neurosurgical and Neurourological Aspects. St. Petersburg, 2009].
18. **Hertzler DA 2nd, DePowell JJ, Stevenson CB, Mangano FT.** Tethered cord syndrome: a review of the literature from embryology to adult presentation. *Neurosurg Focus.* 2010;29:E1. DOI: 10.3171/2010.3.FOCUS1079.
19. **Horrión J, Houbart MA, Georgiopoulos A, Bottosso N.** Adult intradural lipoma with tethered spinal cord syndrome. *JBR-BTR.* 2014;97:121. DOI: 10.5334/jbr-btr.43.
20. **Danzer E, Thomas NH, Thomas A, Friedman KB, Gerdes M, Koh J, Adzick NS, Johnson MP.** Long-term neurofunctional outcome, executive functioning, and behavioral adaptive skills following fetal myelomeningocele surgery. *Am J Obstet Gynecol.* 2016;214:269e1–269e8. DOI: 10.1016/j.ajog.2015.09.094.
21. **Hsieh PC, Stapleton CJ, Moldavskiy P, Koski TR, Ondra SL, Gokaslan ZL, Kuntz C.** Posterior vertebral column subtraction osteotomy for the treatment of tethered cord syndrome: review of the literature and clinical outcomes of all cases reported to date. *Neurosurg Focus.* 2010;29:E6. DOI: 10.3171/2010.4.FOCUS1070.
22. **Hoving EW, Haitsma E, Oude Ophuis CM, Journee HL.** The value of intraoperative neurophysiological monitoring in tethered cord surgery. *Child's Nerv Syst.* 2011;27:1445–1452. DOI: 10.1007/s00381-011-1471-4.
23. **Hsieh MH, Perry V, Gupta N, Pearson C, Nguyen HT.** The effects of detethering on the urodynamics profile in children with a tethered cord. *J Neurosurg.* 2006;105(5 Suppl):391–395. DOI: 10.3171/ped.2006.105.5.391.
24. **McCarthy DJ, Sheinberg DL, Luther E, McCrea HJ.** Myelomeningocele-associated hydrocephalus: nationwide analysis and systematic review. *Neurosurg Focus.* 2019;47:E5. DOI: 10.3171/2019.7.FOCUS19469.
25. **Barley JL, Mooney JF, Glazier SS, Johnson T, Kornegay AL, Turner RP, Edwards JC.** Sudden appearance of new upper extremity motor function while performing neurophysiologic intraoperative monitoring during tethered cord release: a case report. *J Pediatr Orthop.* 2010;30:624–628. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181e79041.
26. **Shobeiri P, Presedo A, Karimi A, Momtazmanesh S, Vosoughi F, Nabian MH.** Orthopedic management of myelomeningocele with a multidisciplinary approach: a systematic review of the literature. *J Orthop Surg Res.* 2021;16:494. DOI: 10.1186/s13018-021-02643-8.
27. **Blount JP, Tubbs RS, Wellons JC 3rd, Acakpo-Satchivi I, Bauer D, Oakes WJ.** Spinal cord transection for definitive untethering of repetitive tethered cord. *Neurosurg Focus.* 2007;23:E12. DOI: 10.3171/FOC-07/08/E12.
28. **Barson AJ.** The vertebral level of termination of the spinal cord during normal and abnormal development. *J Anat.* 1970;106:489–497.
29. **Henderson FC, Geddes JF, Vaccaro AR, Woodard E, Berry KJ, Benzel EC.** Stretch-associated injury in cervical spondylolytic myelopathy: new concept and review. *Neurosurgery.* 2005;56:1101–1113.
30. **Sharma U, Pal K, Pratap A, Gupta DK, Jagannathan NR.** Potential of proton magnetic resonance spectroscopy in the evaluation of patients with tethered cord syndrome following surgery. *J Neurosurg.* 2006;105(5 Suppl):396–402. DOI: 10.3171/ped.2006.105.5.396.
31. **Furtado LMF, Da Costa Val Filho JA, Dantas F, Moura de Sousa C.** Tethered cord syndrome after myelomeningocele repair: a literature update. *Cureus.* 2020;12:e10949. DOI: 10.7759/cureus.10949.
32. **Framework for FDA's Real-World Evidence Program.** Food and Drug Administration, Center for Medicare Services, and Acumen Team. 2018. Available at: <https://www.fda.gov/media/120060/download>. Access date: 2020 Jul 25.

Адрес для переписки:

Калашников Алексей Андреевич
123317, Россия, Москва, Шмитовский проезд, 29,
Детская городская клиническая больница № 9
им. Г.Н. Сперанского,
glandibula@gmail.com

Address correspondence to:

Kalashnikov Aleksey Andreyevich
Speransky Children's City Clinical Hospital No. 9,
29 Shmitovsky proezd, Moscow, 123317, Russia,
glandibula@gmail.com

Статья поступила в редакцию 01.03.2023

Рецензирование пройдено 13.11.2023

Подписано в печать 17.11.2023

Received 01.03.2023

Review completed 13.11.2023

Passed for printing 17.11.2023

Сергей Олегович Рябых, д-р мед. наук, руководитель отдела травматологии и ортопедии Научно-исследовательского клинического института педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Россия, 125412, Москва, ул. Талдомская, 2; травматолог-ортопед клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, 190103, Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 154, ORCID: 0000-0001-6565-7052, rso_@mail.ru;
Сергей Александрович Горчаков, канд. мед. наук, заведующий отделением детской нейрохирургии, Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского, Россия, 123317, Москва, Шмитовский проезд, 29, ORCID: 0000-0003-0795-6921, sagorchakov@mail.ru;
Алексей Андреевич Калашиников, врач-нейрохирург, Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского, Россия, 123317, Москва, Шмитовский проезд, 29, ORCID: 0009-0009-2987-7950, glandibula@gmail.com.

Sergey Olegovich Ryabikh, DMSc, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Veltishev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University, 2 Taldomskaya str., Moscow, 125412, Russia; traumatologist-orthopedist, St. Petersburg State University's Pirogov Clinic of High Medical Technologies, 154 Fontanka River Embankment, St. Petersburg, 190103, Russia, ORCID: 0000-0002-8293-0521, rso_@mail.ru;
Sergey Aleksandrovich Gorchakov, MD, PhD, Chief of the Department of Pediatric Neurosurgery at Speransky Children's City Clinical Hospital No. 9, 29 Sbmitovskiy proezd, Moscow, 123317, Russia, ORCID: 0000-0003-0795-6921, sagorchakov@mail.ru;
Aleksey Andreyevich Kalashnikov, Pediatric Neurosurgeon of the Department of Pediatric Neurosurgery at Speransky Children's City Clinical Hospital No. 9, 29 Sbmitovskiy proezd, Moscow, 123317, Russia, ORCID: 0009-0009-2987-7950, glandibula@gmail.com.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.А. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Объявляет конкурсный прием

в ординатуру по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия», «анестезиология-реаниматология» и в аспирантуру по направлению «Клиническая медицина» по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия», «анестезиология-реаниматология»

Контактная информация: niito@niito.ru
Тел.: 8 (383) 363-39-81