

Деформации позвоночника у детей с церебральным параличом: естественное течение и методы коррекции

С.О. Рябых¹, А.В. Губин², Д.М. Савин¹, Е.Ю. Филатов¹, П.В. Очирова¹, Т.В. Рябых¹, О.М. Сергеев¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Pediatric spinal deformity correction in children with cerebral palsy: natural history and correction techniques

S.O. Ryabykh¹, A.V. Gubin², D.M. Savin¹, E.Yu. Filatov¹, P.V. Ochirova¹, T.V. Ryabykh¹, O.M. Sergeenko¹

¹Izharov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

²National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russian Federation

Введение. Деформация позвоночника является одним из ведущих проявлений ортопедических осложнений церебрального паралича (ЦП). Несмотря на распространённость нозологии, следует констатировать дефицит критериев скрининга и менеджмента патологии позвоночника при ЦП, сложности междисциплинарной логики, отсутствие регистров, барьеры преемственности системы реабилитации. Эти обстоятельства определили **цель работы** – акцентировать внимание широкой аудитории профильных специалистов на аспекты течения и методы коррекции деформаций позвоночника у детей с церебральным параличом. Уровень доказательности – 5 (UK Oxford, версия 2011). **Результаты.** Тип деформации позвоночника зависит от функционального уровня по классификации GMFCS. Оценка вертебрального статуса включает определение ведущего компонента деформации, локализации вершины, мобильности, баланса туловища, деформации грудной клетки, типа перекоса таза, анализ влияния контрактур и дислокации головок бедренных костей на мобильность поясничного отдела. Целью лечения деформации позвоночника при ЦП является необходимость поддержания или улучшения функциональных возможностей пациентов, улучшение качества жизни пациента и окружающих его родственников. Рекомендуется использование транспедикулярных многоопорных систем фиксации и применение костных аллографтов для формирования костного спондилодеза. Рекомендованная зона фиксации от верхних грудных позвонков до таза. Опционно в зависимости от возраста, степени зрелости осевого скелета и величины деформации обосновано применение систем динамической фиксации, многоуровневой или многостержневой фиксации. **Заключение.** Выраженность проявлений деформации позвоночника при ЦП возрастает с увеличением степени глобальных моторных функций и не зависит от зрелости скелета. Консервативное лечение неэффективно в долгосрочной перспективе. Коррекция и инструментальная транспедикулярная фиксация позвоночника позволяет произвести трехмерную коррекцию без необходимости переднего спондилодеза. Хирургическое лечение значительно улучшает баланс тела, функциональный уровень и качество жизни. **Ключевые слова:** церебральный паралич, детский церебральный паралич, патология позвоночника, деформация позвоночника, сколиоз, корсетирование, задний спондилодез, фиксация таза, осложнения

Introduction Spinal deformity is one of major orthopaedic manifestations of cerebral palsy (CP). Despite the prevalence of the nosologic condition there is a deficiency in the availability of criteria for screening and management of the spinal pathology in CP patients, difficulties in interdisciplinary logistics, lack of registry and restraints in the continuity of the rehabilitation system. The **purpose** of the work was to focus the attention of mainstream audience of dedicated experts on the aspects of the course and correction techniques of spinal deformities in CP patients. Evidence level 5 (UK Oxford, version 2011). Results The type of spinal deformity depends on the functional level classified with the GMFCS. Vertebral evaluation included identification of the leading component of the deformity, apex location, mobility, trunk balance, chest deformity, type of pelvic obliquity, the way contractures and dislocation of the femoral heads affected the lumbar spine mobility. The goal of spinal deformity correction in CP patients is to maintain or improve the functionality of the patients, improve the quality of life for the patient and the family. The use of transpedicular multi-support fixation systems and bone allografts can be recommended for bone fusion in the patients. Spinal fixation can be extended from the upper thoracic vertebrae down to the pelvis. Dynamic fixation systems, multilevel or multi-rod fixation can be an option depending on the age, extent of the maturity of the axial skeleton and size of the curve. **Conclusion** The severity of manifestations of spinal deformity increases in CP patients with greater level of global motor functions and does not depend on the skeletal maturity. Conservative treatment is ineffective at a long term. Correction and instrumentation transpedicular fixation allows for three-dimensional correction without the need for anterior fusion. Surgical treatment significantly improves body balance, functional level and quality of life. **Keywords:** cerebral palsy, cerebral palsy in children, spinal pathology, spinal deformity, scoliosis, bracing, posterior spinal fusion, pelvis fixation, complications

ВВЕДЕНИЕ

Деформация позвоночника является одним из ведущих проявлений ортопедических осложнений церебрального паралича (ЦП). Несмотря на более привычный в странах постсоветского пространства термин «ДЦП», мы считаем более корректным именно термин «cerebral palsy» с позиции возрастной преемственности.

Парадоксально, что при распространённой нозологии следует констатировать дефицит информации в

оценке патологии позвоночника. Так, при поисковых запросах в платформе PubMed по ключевым словосочетаниям «cerebral palsy» количество публикаций около 23 тыс., по запросу «cerebral palsy deformity» уже немногим более 2 тыс., а по направлению «cerebral palsy spine deformity» только 101 работа, что составляет менее 0,4 % от общего количества работ. Только в двух ведущих монографиях описаны аспекты патологии позвоночника [1, 2]. В Cochrane Library представ-

Деформации позвоночника у детей с церебральным параличом: естественное течение и методы коррекции / С.О. Рябых, А.В. Губин, Д.М. Савин, Е.Ю. Филатов, П.В. Очирова, Т.В. Рябых, О.М. Сергеев // Гений ортопедии. 2021. Т. 27, № 4. С. 468-474. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-4-468-474

Ryabykh S.O., Gubin A.V., Savin D.M., Filatov E.Yu., Ochirova P.V., Ryabykh T.V., Sergeenko O.M. Pediatric spinal deformity correction in children with cerebral palsy: natural history and correction techniques. *Genij Ortopedii*, 2021, vol. 27, no 4, pp. 468-474. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-4-468-474

лено только восемь протоколов, ни один из которых не относится к хирургической коррекции ортопедических осложнений: из 74 обзоров (reviews) только один косвенно относится к контролю деформации позвоночника [3]. При этом проводятся четыре клинических испытания, посвященные деформациям позвоночника и оценке результатов их лечения [4–7].

Своевременному скринингу и менеджменту патологии позвоночника при ЦП и патогенетическому лечению препятствуют неадекватная логистика (географическая, профессиональная, возрастная); отсутствие реестров, а также центров доказательной ре-

абилитации; недооценка «двигательного потолка» реабилитации; барьеры преимственности системы реабилитации. Все перечисленное приводит к высокой инвалидизации, ограничению самообслуживания, социальной дезадаптации, снижению качества, а также и продолжительности жизни больных [8, 9, 10].

Эти обстоятельства определили **цель работы** – акцентировать внимание широкой аудитории профильных специалистов на аспекты течения и методы коррекции деформаций позвоночника у детей с церебральным параличом. Уровень доказательности – 5 (UK Oxford, версия 2011).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика искривления позвоночника зависит от функционального уровня по классификации GMFCS (Gross Motor Function Classification System). Lonstein и Akbarnia [11] выделили 2 наиболее распространенных типа сколиотической деформации позвоночника при ДЦП: 1 группа – одинарная грудная, двойная грудная или поясничная дуга без перекоса таза, обычно наблюдаемые у амбулаторных пациентов, и 2 группа – протяженные грудопоясничные или С-образные дуги с перекосом таза, часто отмечаемые у пациентов с низким уровнем активности (GMFCS IV-V). Гиперлордоз поясничного отдела позвоночника или кифосколиоз грудного отдела позвоночника также часто встречаются при ЦП. Изучение темпа прогрессирования деформации при естественном течении показало, что формирование мобильной дуги происходит в возрасте от 3 до 10 лет с быстрым переходом к ригидной форме.

Оценка вертебрального статуса включает определение ведущего компонента деформации (сколиоз, лордоз, кифоз), локализации вершины, мобильности

(рис. 1, а), баланса туловища (рис. 1, б), деформации грудной клетки (рис. 1, в), типа перекоса таза, анализ влияния контрактур и дислокации головок бедренных костей на мобильность поясничного отдела. Нарушение баланса позвоночника, то есть отклонение С7 позвонка от CSVL (Central Sacrum Vertical Line) и PSVL (Posterior Sacrum Vertical Line) более 4 см определяет невозможность поддержания равновесия вследствие спастичности и ретракции (чаще асимметричной) осевой мускулатуры и приводит к торсионной деформации грудной клетки, нарушению скелетотопии внутренних органов с частой дисфункцией легких и сердца. Также сколиоз может быть вершиной развития «ужасной триады» («Terrible Triad») [2] как следствие формирования перекоса таза на фоне одностороннего или асимметричного вывиха бедра. При этой форме важно определить ведущий компонент перекоса таза: «верхний тазовый» (suprapelvic) – при ригидной деформации позвоночника и «нижний тазовый» (infrapelvic) – при сгибательно-приводящей контрактуре бедра [1] (рис. 2).

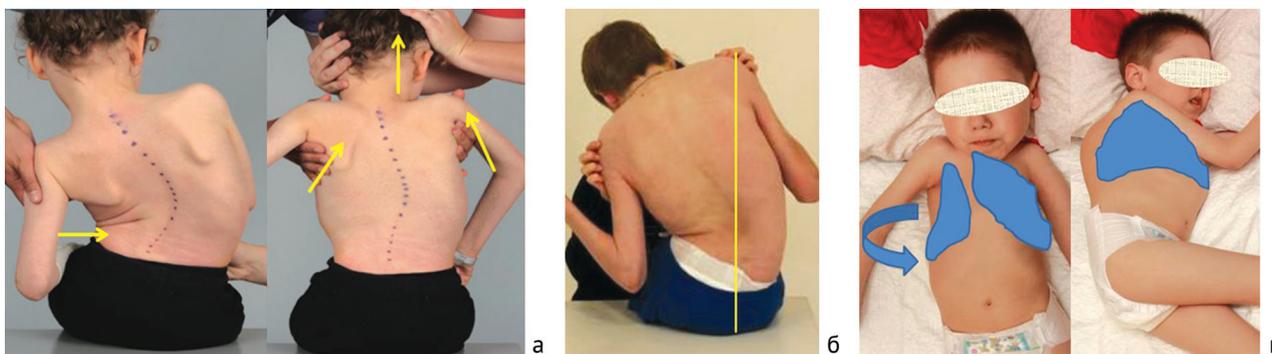


Рис. 1: а – клинические ориентиры для определения мобильности позвоночника, б – нарушение фронтального баланса туловища, в – торсионной деформации грудной клетки (наблюдение авторов)

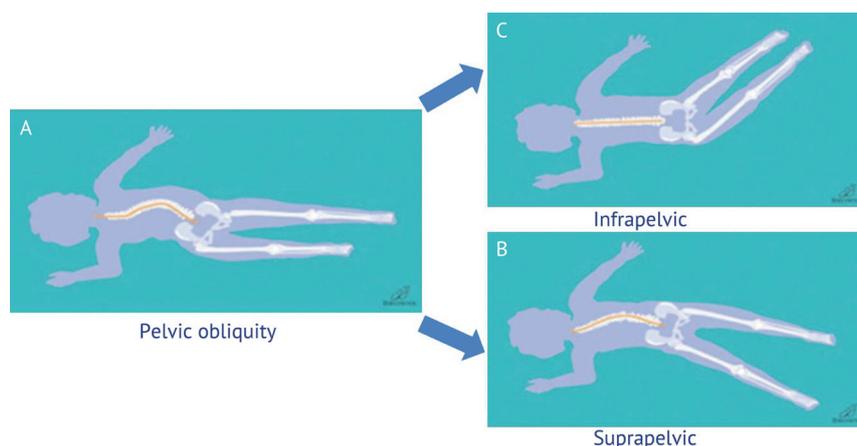


Рис. 2. Варианты перекоса таза. Из «Cerebral Palsy. Authors: Freeman Miller, ISBN 978-0-387-27124-8, Springer, 2005» [1]

Мониторинг и коррекция деформации позвоночника

Целью лечения деформации позвоночника при ЦП является поддержание или улучшение функциональных возможностей пациентов, а также качества жизни. Принятие решения о лечении должно быть индивидуальным и основываться на тщательной оценке соотношения риска и пользы в зависимости от тяжести сопутствующих заболеваний [12].

Консервативное лечение деформации позвоночника при ЦП включает комбинацию применения ортопедических средств, технических средств реабилитации для адаптации к вертикальному положению и сидению, физиотерапии и фармакологических препаратов для уменьшения спастичности и профилактики развития контрактур. Корсеты, которые обычно используются при лечении деформации позвоночника, в большинстве случаев неэффективны [13–15]. Более того, экстрапирамидная симптоматика и судороги, так же как ограничение движений грудной стенки, связанное с ношением корсета, могут усугубить существующие проблемы с легкими и привести к пролежням.

Лечение деформации позвоночника и нехирургическое лечение спастичности с помощью ботулинического токсина было оценено в ограниченном числе случаев с короткими периодами наблюдения, но с обнадеживающими результатами. Nuzzo et al. [16] сообщили, что инъекция ботулинического токсина в области вогнутой стороны деформации у пациентов, которым требовалась отсрочка хирургического вмешательства, увеличивала эффективность корсетной терапии и останавливала прогрессирование искривления. Однако временная эффективность ботулотоксина препятствует его применению на более поздних стадиях из-за ригидности деформации позвоночника и грубого дисбаланса.

Методы постурального контроля, а именно, опоры для сидения и функциональные инвалидные кресла могут использоваться как средство контроля деформации позвоночника [17]. Но следует учитывать, что увеличение функциональных возможностей носит ограниченный характер в связи с невозможностью контроля прогрессирования деформации позвоночника.

Хирургическое лечение рассматривается, когда нехирургические методы лечения оказались безуспешными или прогностически бесперспективными. Наблюдение и нехирургическое лечение искривления оправдано в случаях, если искривление до 40° по Cobb, при мобильных деформациях, а также в случаях возможности сохранения положения сидя [17, 18]. Корсетирование традиционно обладает ограничениями в уменьшении темпов прогрессирования деформации у пациентов с ЦП [19, 20].

Цели оперативного лечения определены как восстановление баланса туловища и возможности вертикализации, стабилизация дыхательных расстройств, улучшение качества жизни пациентов и окружающих.

Основные показания к оперативной коррекции можно определить межэкспертным консенсусом [19–26]: сколиоз > 40°; гиперкифоз или гиперлордоз > 20° границы нормального сагиттального профиля вне зависимости от возраста, наличие выраженной торсии грудной клетки с синдромом торакальной недостаточности, нарушение глобального баланса туловища во фронтальной

и(или) сагиттальной плоскости; бурное прогрессирование деформации (более 5° в год); достижение вертикализации пациента. Хирургическое лечение приводит к сбалансированному сидению и независимому использованию верхних конечностей. Другие положительные эффекты включают эффективное дыхание и легочный клиренс, особенно у детей до 7 лет, на основании данных о возможности регенерации легочной ткани [27], и содействие правильному питанию. Лордосколиоз и кифосколиоз чаще встречаются у пациентов с GMFCS V [28]. Коррекция гиперлордоза может также помочь в лечении гастроэзофагеального рефлюкса или синдрома верхней брыжеечной артерии. Наконец, хирургия позвоночника значительно упрощает уход за больными и улучшает качество жизни пациентов и их родителей [29, 30].

Ограничения к проведению операции: белково-энергетическая недостаточность II–III степени (ИМТ < 12); остеопения (Z-критерий < -2,5). При их наличии акценты реабилитации должны быть направлены на постуральный менеджмент (в т.ч. с использованием технических средств реабилитации (ТСР)), контроль боли и нутритивную поддержку.

Техника хирургической коррекции

Рекомендуется использование транспедикулярных многоопорных систем фиксации для более эффективной коррекции деформации в трех плоскостях, кроме того, это исключает необходимость во внешней поддержке после операции. Следует использовать опорные элементы с низким профилем (моноаксиальные винты), что обусловлено атрофией паравертебральных мышц, особенно с выпуклой стороны деформации, и применять костные аллографты для формирования костного спондилодеза [18, 30]. Это особенно важно для пациентов с остеопенией, у которых рекомендуется использовать большее количество винтов в качестве опорных точек и аллотрансплантатов [22]. Рекомендованная зона фиксации – от верхних грудных позвонков до таза [30, 31, 32]. Современные исследования показывают успешное восстановление сагиттальных и фронтальных параметров баланса позвоночника у пациентов с ЦП, улучшение или стабилизацию их амбулаторных возможностей [32, 33, 34]. Недостаточная реконструкция баланса приводит к невозможности или ограничениям вертикализации [19, 33].

Хирургическое планирование

Проксимальный уровень фиксации

Для пациентов с ЦП проксимальный уровень фиксации определяется двумя основными параметрами. Первый – наличие гиперкифоза грудного отдела позвоночника с высоким углом наклона Th1 (T1 slope), второй момент – сохранение движений головой. Исходя из этих аспектов, оптимальный уровень фиксации Th3 определяется адекватной коррекцией кифоза, профилактикой проксимального переходного кифоза или недостаточности мышечного контроля позиции головы у этих пациентов. Чтобы предотвратить развитие этих осложнений, мы согласны с мнением ряда специалистов, предпочитающих транспедикулярную фиксацию, особенно при гиперкифозе грудного отдела по Cobb > 50° [22, 33].

Фиксация таза

Необходимость коррекции положения таза и его фиксации при ЦП определяется функциональным статусом пациента, возможностью ходьбы и степенью на-

клонности таза. У пациентов с GMFCS IV-V (неамбулаторные пациенты) необходимо таргетно рассматривать фиксацию крестца и таза, которая технически может быть затруднительна из-за остеопении. Осложнения тазовой фиксации включают резорбцию вокруг винтов, нестабильность инструментария (фрактуры винтов или стержней, дислокация гаек) и псевдоартрозы [35, 36]

Биомеханическая концепция «Pivot point» («точки вращения») показывает варианты жесткой винтовой фиксации. Более стабильным вариантом геометрии винтов является разновекторное (в т.ч. фиксация максимальной ширины (MW – maximum width)) их проведение и расположение головок винтов вентрально от центра вращения [37, 38, 39] (рис. 3, а). Однако дефицит мягких тканей и сложность коммутации винтов со стержнем могут вызывать трудности, которые необходимо оценивать в ходе предоперационного планирования. Стандартный вариант – использование двусторонних или осакральных винтов. В случаях тяжелой остеопении мы предпочитаем использовать две опции. Первая – сочетание илиосакральной билатеральной фиксации и транспедикулярной фиксации S1, вторая – фиксация os illium + фиксация боковых масс крестца с двух сторон (рис. 3, б).

У пациентов с GMFCS IV-V фиксация таза значительно улучшает баланс туловища сидя. Исследования показали, что фиксация на L5 у неамбулаторных паци-

ентов с ЦП и тяжелым искривлением таза может привести к рецидиву перекоса таза. Напротив, у пациентов с GMFCS I-II без смещения таза важно сохранять подвижность на уровне L5-S1 для вращательных движений туловища во время ходьбы [22].

Хирургические опции

Динамические системы

При раннем развитии сколиоза у детей до 7 лет также важно оценивать двигательный статус. Возможность использования брейсов типа TSLO у детей с GMFCS IV-V часто ограничена. Также важно оценивать торакальную недостаточность по индексу SAL (Space Available of Lung). Следует помнить о не прямой зависимости между способностью ткани легких к росту (у детей до 7 лет) с объемом грудной клетки [30]. Поэтому крайне важно выполнять коррекцию деформации позвоночника с улучшением положения диафрагмы у детей до 7 лет.

Наиболее применяемой методикой является dual growing rods [40, 41] (рис. 4). Так, McElroy M.J. et al. показывают улучшение SAL и хорошую коррекцию перекоса таза [41].

Отметим, что четкого литературного обоснования критериев (возраст, BMI-body mass index, EDAC – Excessive Dynamic Airway Collapse) выбора динамических систем или мультисегментарной финальной фиксации мы не нашли.

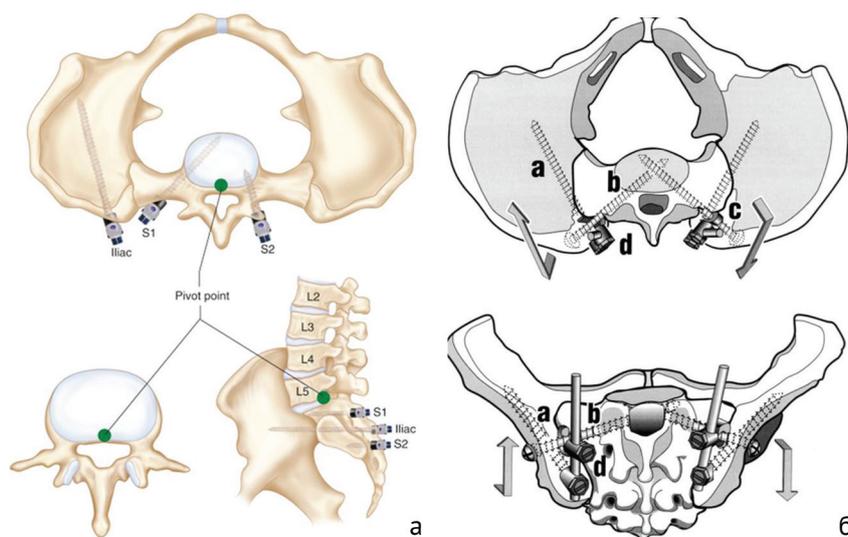


Рис. 3. Варианты геометрии финтов при фиксации крестца и таза: а – в соответствии с концепцией «точки вращения» по McCord D.H. et al., 1992 [37]; б – «MW» геометрии по V. Arlet et al., 1999 [39]

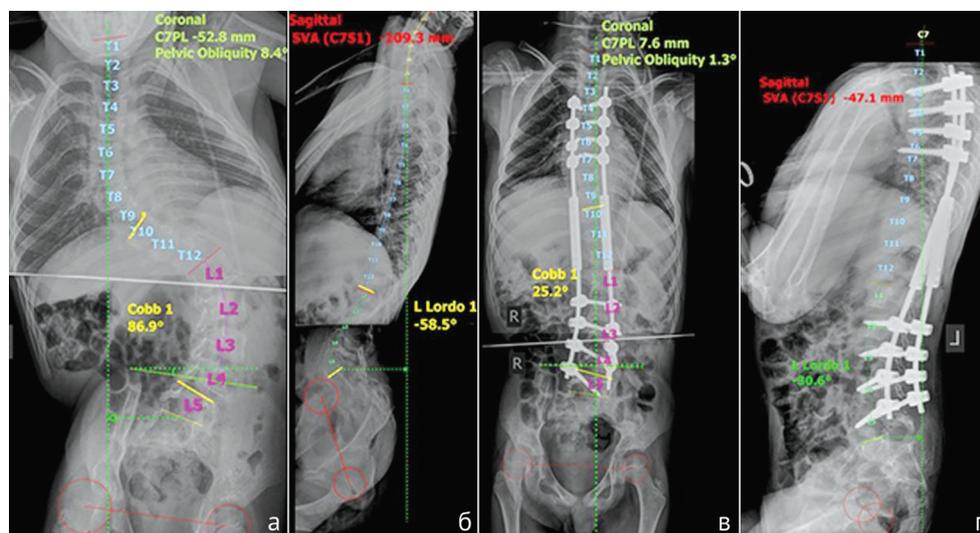


Рис. 4. Рентгенограммы туловища пациента 10 лет с нейрогенным сколиозом на фоне ЦП GMFCS V до (а, б) и после (в, г) динамической фиксации dual growing rods на уровне Th4-S1 (наблюдение авторов). Предоперационные рентгенограммы демонстрируют тяжелую главную поясничную лордосколиотическую дугу, наклон таза и фронтальный дисбаланс более 52 мм. Послеоперационные рентгенограммы иллюстрируют сбалансированную коррекцию

Многоуровневая фиксация

Транспедикулярные винты обеспечивают трехколонную фиксацию, позволяют приложить большие корректирующие силы, что помогает добиться большей коррекции ротации, и более эффективны для формирования заднего спондилодеза. У пациентов с ЦП из-за остеопороза следует использовать винты оптимального диаметра, предпочтительно фиксировать все сегменты и использовать аллотрансплантаты [18, 29]. Рекомендуется использовать фиксацию с установкой не менее двух пар винтов краинально, посегментарной установкой моноаксиальных винтов по выпуклой стороне апикальной дуги и не менее трех пар винтов для каудальной фиксации (рис. 5).

Multi-roads Fusion

У пациентов с величиной деформации > 70°, мобильностью < 20 % мы рекомендуем использовать трехстержневую фиксацию. После скелетирования позвоночника выполняется посегментарная фасетэктомия в зоне ин-струментации (остеотомия Schwab 1), на уровне апикальной дуги она может дополняться краевой резекцией дуг и связок как варианты Ponte Osteotomy, Smith-Petersen Osteotomy (остеотомия Schwab 2). Выполняется последовательная установка короткого апикального стержня по

вогнутой стороне с дистракцией, далее монтаж длинного стержня по вогнутой стороне с дистракцией основной дуги, на третьем этапе выполняется монтаж длинного стержня по выпуклой стороне основной дуги с компрессией на уровне основной дуги (рис. 6). Эта опция показывает лучшие результаты коррекции и создает более надежную опору по вогнутой стороне деформации. Также мы ее рекомендуем у пациентов с остеопорозом.

Передний релиз

Передняя мобилизация позвоночника для лучшего спондилодеза не имеет преимуществ у пациентов с нейрогенным сколиозом, а дополнительные риски ставят под сомнение ее эффективность. Кроме того, небольшой вес и патология внутренних органов накладывают дополнительные ограничения [18, 22, 23, 42]. Vialle et al. [43] предлагают использовать трехстержневую фиксацию в качестве альтернативы переднему доступу. Auerbauch et al. [44] пришли к выводу, что задняя коррекция и фиксация без переднего релиза у пациентов с искривлением менее 72° и мобильностью до 40 % показала превосходную коррекцию наклона таза на 74 %, исключая риск осложнений по сравнению с группой выполнения переднего релиза.

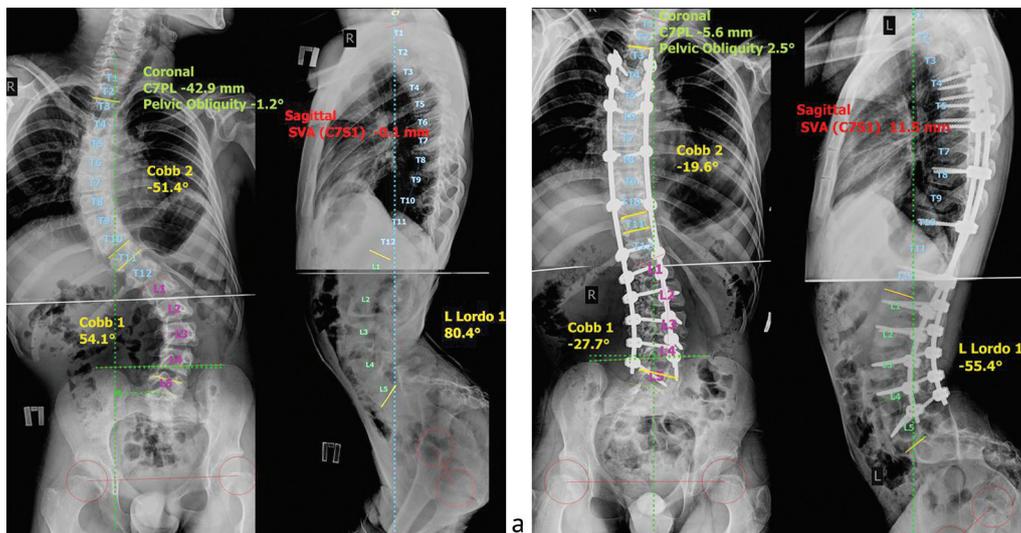


Рис. 5. Рентгенограммы туловища пациента 14 лет с нейрогенным сколиозом на фоне ЦП GMFCS IV до (а) и после (б) полисегментарной фиксации Th4-L5 (наблюдение авторов)

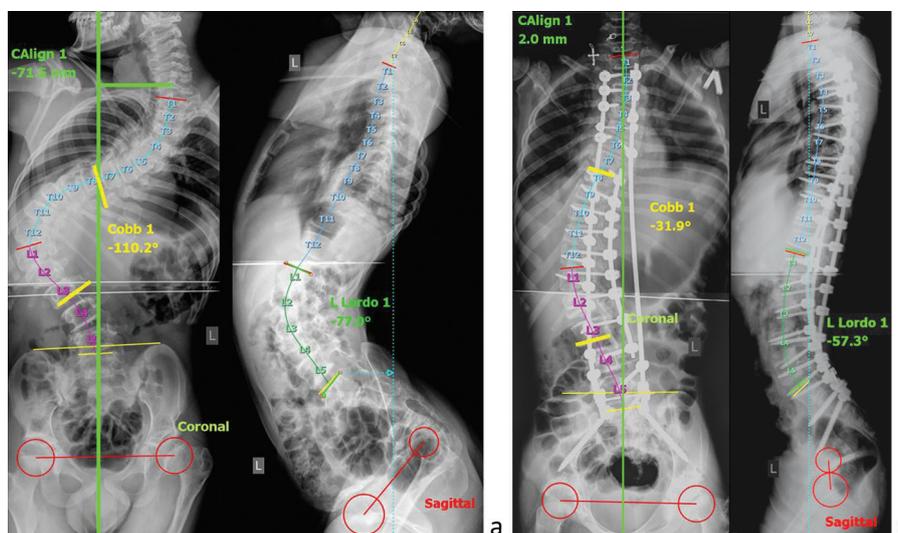


Рис. 6. Рентгенограммы туловища пациента 14 лет с нейрогенным сколиозом на фоне ЦП GMFCS V до (а) и после (б) полисегментарной 3-х стержневой фиксации на уровне Th3-os illium (наблюдение авторов)

Осложнения и последствия

Основными факторами риска осложнений являются дефицит веса, недостаточный объем легких и хронические инфекции. Поэтому в до- и послеоперационном периоде необходима нутритивная поддержка, исследование состояния легких. При наличии гипопателектазов, выявляемых на предоперационной КТ легких (рекомендуется всем пациентам GMFSC IV-V уровней с ортопедическими осложнениями), необходимо обеспечить поддержку НИВЛ [22]. Передняя хирургия часто усугубляет нарушение функции легких и увеличивает процент послеоперационных легочных осложнений, включая пневмонию, пневмоторакс, ателектаз и дыхательную недостаточность [22].

Риск неврологических расстройств, связанных с хирургическим вмешательством, невелик. Использование нейромониторинга связано со значительным количеством ложноотрицательных или положительных результатов и на практике бесполезно.

Склонность к раневой инфекции у пациентов с ЦП после операций на позвоночнике выше. Этот риск увеличивается, особенно у пациентов с когнитивными

нарушениями и эпилепсией при использовании аллотрансплантатов, а также у пациентов с низким уровнем альбумина и лимфоцитов [42, 45, 46].

Важным вопросом является удовлетворенность пациентов или их родителей результатами коррекции, улучшение или стабилизация функционального и соматического статуса. Watanabe K. et al. [47] показали общую удовлетворенность родителей – 92 %. В 93 % родители отметили улучшение сидения и баланса, в 94 % – внешнего вида, в 71 % – качества жизни. Функциональные улучшения отмечены у 8–40 % пациентов. Другие авторы также показывают хорошие результаты качества жизни. По данным Dias R.C. et al., отдаленные результаты через 2,8 года у когорты из 31 пациента показали, что 84 % пациентов или родителей чрезвычайно довольны результатами операции и обязательно перенесут операцию снова, 99 % считают операцию успешной, 79 % – рекомендуют операцию другим. Основными причинами неудовлетворенности являются раневая инфекция, неполная коррекция, гиперлордоз и поздние послеоперационные осложнения [42, 45, 46, 48].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выраженность проявлений деформации позвоночника при ЦП возрастает с увеличением степени глобальных моторных функций и не зависит от зрелости скелета. Деформации позвоночника вызывают дисбаланс при сидении, пролежни и ухудшение функций легких и сердца. Консервативное лечение обычно неэффективно в долгосрочной перспективе, и большинству пациентов требуется хирургическая коррекция. Коррекция и инструментальная транспедикулярная фиксация позвоночника позволяет произвести трехмерную коррекцию без необходимости переднего спондилодеза. Пациентам

с GMFCS IV-V и перекосом таза требуется тазовая фиксация с коррекцией его положения. Хирургическое лечение значительно улучшает баланс тела, функциональный уровень и качество жизни.

Ограничения

Несистематизированный характер представления данных и низкий уровень доказательности накладывает ряд ограничений по рекомендации выбора технологии, метода и опций лечения, с одной стороны, с другой, определяет необходимость представления систематизированного обзора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Miller F. Cerebral Palsy. New York: Springer-Verlag, 2005. 1055 p. DOI: 10.1007/b138647.
2. Cerebral Palsy: Science and Clinical Practice / B. Dan, M. Mayston, N. Paneth, L. Rosenbloom, editors. London: Mac Keith Press. 2014. 648 p.
3. Hasnat M.J., Rice J.E. Intrathecal baclofen for treating spasticity in children with cerebral palsy // Cochrane Database Syst. Rev. 2015. No 11. CD004552. DOI: 10.1002/14651858.CD004552.pub2.
4. Posterior multilevel vertebral osteotomy for severe and rigid idiopathic and nonidiopathic kyphoscoliosis: a further experience with minimum two-year follow-up / H.N. Modi, S.W. Suh, J.Y. Hong, J.H. Yang // Spine (Phila Pa 1976). 2011. Vol. 36, No 14. P. 1146-1153. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181f39d9b.
5. El-Saeed T., Abdel-Azeim F., Ragaee E. Impact of distal static orthotic approach on back geometry in cerebral palsy. Conference: International Society for Prosthetics and Orthotics (ISPO). France, Lyon, 2015 // Prosthet. Orthot. Int. 2015. Vol. 39. P. 415. DOI: 10.1177/0309364615591101.
6. Impact of corrective spinal fusion surgery on health related quality of life of children with cerebral palsy / U. Narayanan, P. Cahill, P. Sponseller, M. Abel, B. Yaszay, S. Parent, J. Pahys, S. Shah, J. Flynn, A. Samdani: Abstract of 70th Annual Meeting of the American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine (AACPD), September 20-24, 2016, Hollywood, Florida // Dev. Med. Child. Neurol. 2016. Vol. 58, No 55. P. 67-68. DOI: 10.1111/dmcn.98_13224.
7. Traditional growing rod graduates with various diagnoses have similar clinical and radiographic outcomes / J. Pawelek, B. Akbarnia, P. Hosseini, P. Salari, D. Marks, D. Skaggs, J. Emans, P. Sponseller, G. Thompson // 10th International Congress on Early Onset Scoliosis. New Zealand. 2016. DOI: 10.1016/j.jspd.2016.09.015.
8. Опыт лечения нейрогенных деформаций позвоночника / С.О. Рябых, Д.М. Савин, С.Н. Медведева, Е.Б. Губина // Гений ортопедии. 2013. № 1. С. 87-92.
9. Особенности ортопедического и соматического статуса у пациентов с тяжелыми формами ДЦП, осложненными вывихом бедра / Р.Р. Бидяшин, П.В. Нецветов, Т.В. Рябых, Д.А. Попков // Гений ортопедии. 2018. Т. 24, № 1. С. 35-43.
10. Анализ причин патологических паттернов кинематического локомоторного профиля по данным компьютерного анализа походки у детей со спастическими формами ДЦП / Г.М. Чибиров, Т.И. Долганова, Д.В. Долганов, Д.А. Попков // Гений ортопедии. 2019. Т. 25, № 4. С. 493-500. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-493-500.
11. Lonstein J.E., Akbarnia A. Operative treatment of spinal deformities in patients with cerebral palsy or mental retardation. An analysis of one hundred and seven cases // J. Bone Joint Surg. Am. 1983. Vol. 65, No 1. P. 43-55.
12. Combined chronic occipito-atlantal and atlanto-axial rotator fixation with cerebral palsy / J.H. Kim, J.H. Kim, S.Y. Jang, M.H. Kong // Korean J. Spine. 2013. Vol. 10, No 3. P. 192-194. DOI: 10.14245/kjs.2013.10.3.192.
13. Effect of a Soft Boston Orthosis on pulmonary mechanics in severe cerebral palsy / M.T. Leopando, Z. Moussavi, J. Holbrow, V. Chernick, H. Pasterkamp, G. Rempel // Pediatr. Pulmonol. 1999. Vol. 28, No 1. P. 53-58. DOI: 10.1002/(sici)1099-0496(199907)28:1<53::aid-ppul9>3.0.co;2-2.
14. Terjesen T., Lange J.E., Steen H. Treatment of scoliosis with spinal bracing in quadriplegic cerebral palsy // Dev. Med. Child. Neurol. 2000. Vol. 42, No 7. P. 448-454. DOI: 10.1017/s0012162200000840.
15. Miller A., Temple T., Miller F. Impact of orthoses on the rate of scoliosis progression in children with cerebral palsy // J. Pediatr. Orthop. 1996. Vol. 16, No 3. P. 332-335. DOI: 10.1097/00004694-199605000-00007.
16. Counterparalysis for treatment of paralytic scoliosis with botulinum toxin type A / R.M. Nuzzo, S. Walsh, T. Boucherit, S. Massood // Am. J. Orthop. (Belle Mead NJ). 1997. Vol. 26, No 3. P. 201-207.
17. Management of scoliosis with special seating for the non-ambulant spastic cerebral palsy population – a biomechanical study / K.J. Holmes, S.M. Michael, S.L. Thorpe, S.E. Solomonidis // Clin. Biomech. (Bristol, Avon). 2003. Vol. 18, No 6. P. 480-487. DOI: 10.1016/s0268-0033(03)00075-5.
18. Yazici M., Senaran H. Beyin felci ve omurilik deformiteleri // Acta Orthop. Traumatol. Turc. 2009. Vol. 43, No 2. P. 149-155. DOI: 10.3944/AOTT.2009.149.
19. Scoliosis in the child with cerebral palsy / J.J. McCarthy, L.P. D'Andrea, R.R. Betz, D.H. Clements // J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2006. Vol. 14, No 6. P. 367-375. DOI: 10.5435/00124635-200606000-00006.

20. Olafsson Y., Saraste H., Al-Dabbagh Z. Brace treatment in neuromuscular spine deformity // J. Pediatr. Orthop. 1999. Vol. 19, No 3. P. 376-379.
21. Surgical correction of scoliosis in patients with severe cerebral palsy / K. Beckmann, T. Lange, G. Gosheger, A.S. Bövingloh, M. Borowski, V. Bullmann, U. Liljenqvist, T.L. Schulte // Eur. Spine J. 2016. Vol. 25, No 2. P. 506-516. DOI: 10.1007/s00586-015-4107-7.
22. Jones-Quaidoo S.M., Yang S., Arlet V. Surgical management of spinal deformities in cerebral palsy. A review // J. Neurosurg. Spine. 2010. Vol. 13, No 6. P. 672-685. DOI: 10.3171/2010.5.SPINE09669.
23. Tsirikos A.I. Development and treatment of spinal deformity in patients with cerebral palsy // Indian J. Orthop. 2010. Vol. 44, No 2. P. 148-158. DOI: 10.4103/0019-5413.62052.
24. Factors predicting postoperative complications following spinal fusions in children with cerebral palsy / G.E. Lipton, F. Miller, K.W. Dabney, H. Altiock, S.J. Bachrach // J. Spinal Disord. 1999. Vol. 12, No 3. P. 197-205.
25. Hasler C.C. Operative treatment for spinal deformities in cerebral palsy // J. Child. Orthop. 2013. Vol. 7, No 5. P. 419-423. DOI: 10.1007/s11832-013-0517-4.
26. Natural history of scoliosis in spastic cerebral palsy / N. Saito, S. Ebara, K. Ohotsuka, H. Kumeta, K. Takaoka // Lancet. 1998. Vol. 351, No 9117. P. 1687-1692. DOI: 10.1016/S0140-6736(98)01302-6.
27. Campbell R.M. Jr., Smith M.D. Thoracic insufficiency syndrome and exotic scoliosis // J. Bone Joint Surg. Am. 2007. Vol. 89, No Suppl. 1. P. 108-122. DOI: 10.2106/JBJS.F.00270.
28. Scoliosis in a total population of children with cerebral palsy / M. Persson-Bunke, G. Hägglund, H. Lauge-Pedersen, P. Wagner, L. Westbom // Spine (Phila Pa 1976). 2012. Vol. 37, No 12. P. E708-E713. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318246a962.
29. Huang M.J., Lenke L.G. Scoliosis and severe pelvic obliquity in a patient with cerebral palsy: surgical treatment utilizing halo-femoral traction // Spine. 2001. Vol. 26, No 19. P. 2168-2170. DOI: 10.1097/00007632-2001110010-00026.
30. Yazici M., Asher M.A., Hardacker J.W. The safety and efficacy of Isola-Galveston instrumentation and arthrodesis in the treatment of neuromuscular spinal deformities // J. Bone Joint Surg. Am. 2000. Vol. 82, No 4. P. 524-543. DOI: 10.2106/00004623-200004000-00008.
31. McCarthy R.E. Management of neuromuscular scoliosis // Orthop. Clin. North Am. 1999. Vol. 30, No 3. P. 435-449, viii. DOI: 10.1016/s0030-5898(05)70096-1.
32. Correction of sagittal plane spinal deformities with unit rod instrumentation in children with cerebral palsy / K.W. Dabney, F. Miller, G.E. Lipton, E.J. Letonoff, H.C. McCarthy // J. Bone Joint Surg. Am. 2004. Vol. 86-A, No Suppl. 1 (Pt. 2). P. 156-168. DOI: 10.2106/00004623-200409001-00006.
33. Maintenance of sagittal plane alignment after surgical correction of spinal deformity in patients with cerebral palsy / E.L. Sink, P.O. Newton, S.J. Mubarak, D.R. Wenger // Spine (Phila Pa 1976). 2003. Vol. 28, No 15. P. 1396-1403. DOI: 10.1097/01.BRS.0000067088.99346.73.
34. Preserving ambulatory potential in pediatric patients with cerebral palsy who undergo spinal fusion using unit rod instrumentation / A.I. Tsirikos, W.N. Chang, S.A. Shah, K.W. Dabney, F. Miller // Spine (Phila Pa 1976). 2003. Vol. 28, No 5. P. 480-483. DOI: 10.1097/01.BRS.0000048649.72919.6B.
35. Jones-Quaidoo S.M., Arlet V. Review article: Long posterior fixation of the spine 2009 to the sacrum and pelvis // Curr. Orthopaedic Practice. 2009. Vol. 20, No 3. P. 252-268.
36. Minimum 5-year analysis of L5-S1 fusion using sacropelvic fixation (bilateral S1 and iliac screws) for spinal deformity / K. Tsuchiya, K.H. Bridwell, T.R. Kuklo, L.G. Lenke, C. Baldus // Spine (Phila Pa 1976). 2006. Vol. 31, No 3. P. 303-308. DOI: 10.1097/01.brs.0000197193.81296.f1.
37. Biomechanical analysis of lumbosacral fixation / D.H. McCord, B.W. Cunningham, Y. Shono, J.J. Myers, P.C. McAfee // Spine (Phila Pa 1976). 1992. Vol. 17, No 8 Suppl. P. S235-S243. DOI: 10.1097/00007632-199208001-00004.
38. Feasibility of minimally invasive sacropelvic fixation: percutaneous S2 alar iliac fixation / J.R. O'Brien, L. Matteini, W.D. Yu, K.M. Keibaish // Spine (Phila Pa 1976). 2010. Vol. 35, No 4. P. 460-464. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b95dca.
39. The 'MW' sacropelvic construct: an enhanced fixation of the lumbosacral junction in neuromuscular pelvic obliquity / V. Arlet, D. Marchesi, P. Papin, M. Aebi // Eur. Spine J. 1999. Vol. 8, No 3. P. 229-231. DOI: 10.1007/s005860050163.
40. Pelvic fixation of growing rods: comparison of constructs / P.D. Sponseller, J.S. Yang, G.H. Thompson, R.E. McCarthy, J.B. Emans, D.L. Skaggs, M.A. Asher, M. Yazici, C. Poe-Kochert, P. Kostial, B.A. Akbarnia // Spine (Phila Pa 1976). 2009. Vol. 34, No 16. P. 1706-1710. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ab240c.
41. Growing rods for the treatment of scoliosis in children with cerebral palsy: a critical assessment / M.J. McElroy, P.D. Sponseller, J.R. Dattilo, G.H. Thompson, B.A. Akbarnia, S.A. Shah, B.D. Snyder; Growing Spine Study Group // Spine (Phila Pa 1976). 2012. Vol. 37, No 24. P. E1504-E1510. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31826fabd3.
42. Deep wound infections after neuromuscular scoliosis surgery: a multicenter study of risk factors and treatment outcomes / P.D. Sponseller, D.M. LaPorte, M.W. Hungerford, K. Eck, K.H. Bridwell, L.G. Lenke // Spine (Phila Pa 1976). 2000. Vol. 25, No 19. P. 2461-2466. DOI: 10.1097/00007632-200010010-00007.
43. Vialle R., Delecourt C., Morin C. Surgical treatment of scoliosis with pelvic obliquity in cerebral palsy: the influence of intraoperative traction // Spine (Phila Pa 1976). 2006. Vol. 31, No 13. P. 1461-1466. DOI: 10.1097/01.brs.0000219874.46680.87.
44. The correction of pelvic obliquity in patients with cerebral palsy and neuromuscular scoliosis: is there a benefit of anterior release prior to posterior spinal arthrodesis? / J.D. Auerbach, D.A. Spiegel, M.H. Zgonis, S.C. Reddy, D.S. Drummond, J.P. Dormans, J.M. Flynn // Spine (Phila Pa 1976). 2009. Vol. 34, No 21. P. E766-E774. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b4d558.
45. Comstock C.P., Leach J., Wenger D.R. Scoliosis in total-body-involvement cerebral palsy. Analysis of surgical treatment and patient and caregiver satisfaction // Spine (Phila Pa 1976). 1998. Vol. 23, No 12. P. 1412-1424. DOI: 10.1097/00007632-199806150-00022.
46. Wound infection after spinal fusion in children with cerebral palsy / G. Szöke, G. Lipton, F. Miller, K. Dabney // J. Pediatr. Orthop. 1998. Vol. 18, No 6. P. 727-733.
47. Is spine deformity surgery in patients with spastic cerebral palsy truly beneficial?: a patient/parent evaluation / K. Watanabe, L.G. Lenke, M.D. Daubs, K. Watanabe, K.H. Bridwell, G. Stobbs, M. Hensley // Spine (Phila Pa 1976). 2009. Vol. 34, No 20. P. 2222-2232. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181948c8f.
48. Surgical Correction of Spinal Deformity Using a Unit Rod in Children with Cerebral Palsy / R.C. Dias, F. Miller, K. Dabney, G. Lipton, T. Temple // J. Pediatr. Orthop. 1996. Vol. 16, No 6. P. 734-740. DOI: 10.1097/00004694-199611000-00007.

Рукопись поступила 28.04.2021

Сведения об авторах:

1. Рябых Сергей Олегович, д. м. н., ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, ORCID: 0000-0002-8293-0521, Email: rso_@mail.ru
2. Губин Александр Вадимович, д. м. н., ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия, ORCID: 0000-0003-3234-8936, Email: alexander@gubin.spb.ru
3. Савин Дмитрий Михайлович, к. м. н., ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, ORCID: 0000-0002-4395-2103, Email: savindm81@mail.ru
4. Филатов Егор Юрьевич, к. м. н., ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, ORCID: 0000-0002-3390-807X, Email: filatov@ro.ru
5. Очирова Полина Вячеславовна, к. м. н., ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, ORCID: 0000-0001-5172-4429, Email: poleen@yandex.ru
6. Рябых Татьяна Викторовна, ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, ORCID: 0000-0002-9315-3035, Email: rtatav@rambler.ru
7. Сергеев Ольга Михайловна, ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, ORCID: 0000-0003-2905-0215, Email: pavlova.neuro@mail.ru

Information about the authors:

1. Sergey O. Ryabikh, M.D., Ph.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-8293-0521, Email: rso_@mail.ru
2. Alexander V. Gubin, M.D., Ph.D., National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-3234-8936, Email: alexander@gubin.spb.ru
3. Dmitry M. Savin, M.D., Ph.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-4395-2103, Email: savindm81@mail.ru
4. Egor Yu. Filatov, M.D., Ph.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-3390-807X, Email: filatov@ro.ru
5. Polina V. Ochirova, M.D., Ph.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-5172-4429, Email: poleen@yandex.ru
6. Tat'iana V. Ryabikh, M.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-9315-3035, Email: rtatav@rambler.ru
7. Olga M. Sergeenko, M.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-2905-0215, Email: pavlova.neuro@mail.ru