

УДК 616.711-007.55-053.1-06:616.712.1]-089

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS109182>

Оригинальное исследование



Оценка эффективности лечения детей с врожденным сколиозом при несегментированном стержне и синостозе ребер

С.В. Виссарионов¹, М.С. Асадулаев¹, Е.А. Орлова², П.А. Иванова¹, А.С. Шабунин¹, Т.В. Мурашко¹, М.А. Хардигов¹, В.Г. Тория¹, Т.С. Рыбинских¹, К.Н. Родионова¹, Д.Н. Кокушин¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия;

² Детский городской многопрофильный клинический центр высоких медицинских технологий им К.А. Раухфуса, Санкт-Петербург, Россия

Обоснование. Лечение детей с врожденной деформацией при несегментированном стержне и синостозе ребер до настоящего времени остается важной и актуальной задачей. В тематических публикациях приведены результаты хирургической коррекции, проанализированы осложнения лечения. Оценка эффективности лечения с позиции изменения функции внешнего дыхания все еще не потеряла своего значения.

Цель — анализ результатов лечения детей с врожденным сколиозом при одностороннем нарушении сегментации боковых поверхностей тел позвонков и реберном синостозе.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное моноцентровое когортное исследование, в которое вошли 30 пациентов в возрасте от года до 14 лет. В предоперационном периоде оценивали функцию внешнего дыхания методом импульсной осциллометрии, выполняли мультиспиральную компьютерную томографию, цифровую рентгенографию череп – таз в двух проекциях. Всем пациентам проведена расширяющая торакопластика с остеотомией реберного синостоза и фиксацией реберно-реберным или реберно-позвоночным дистрактором. Контрольные исследования осуществляли через каждые 6 мес. после оперативного вмешательства. Средний срок наблюдения составил 2 года. Для оценки полученных данных применяли метод непараметрического анализа.

Результаты. Медиана возраста на момент начала лечения составила 6 лет, межквартильный интервал равнялся 4,25 (IQR). Медиана сколиоза до лечения — 74°, IQR — 22,75. Величина коррекции сколиоза после первого этапа лечения — 16° (IQR — 11), после второй коррекции — 6° (IQR — 13). Медиана кифоза — 15° (IQR — 32), первое вмешательство позволило корригировать кифоз на 4° (IQR — 16), второе — на 6° (IQR — 11).

Осложнения представлены дестабилизацией металлоконструкции в 6 случаях, трофические нарушения мягких тканей отмечены в 4 наблюдениях. По результатам оценки функции внешнего дыхания с применением импульсной осциллометрии установлено достоверное улучшение показателей резистивного компонента, реактивного компонента и частотной зависимости резистивного компонента ($p < 0,01$).

Заключение. Результаты оценки функции внешнего дыхания у детей младшей возрастной группы и анализ референтных значений можно использовать в качестве абсолютных показаний к хирургическому лечению у детей с врожденным сколиозом при несегментированном стержне и синостозе ребер.

Ключевые слова: дети; врожденный порок; хирургическое лечение; врожденный сколиоз; нарушение сегментации; реберный синостоз; несегментированный стержень; результаты лечения; импульсная осциллометрия.

Как цитировать:

Виссарионов С.В., Асадулаев М.С., Орлова Е.А., Иванова П.А., Шабунин А.С., Мурашко Т.В., Хардигов М.А., Тория В.Г., Рыбинских Т.С., Родионова К.Н., Кокушин Д.Н. Оценка эффективности лечения детей с врожденным сколиозом при несегментированном стержне и синостозе ребер // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2022. Т. 10. № 3. С. 211–221. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS109182>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS109182>

Original Study Article

Assessment of the efficacy of treatment for children with congenital scoliosis with unsegmented bar and rib synostosis

Sergei V. Vissarionov¹, Marat S. Asadulaev¹, Elena A. Orlova², Polina A. Ivanova¹, Anton S. Shabunin¹, Tatyana V. Murashko¹, Michael A. Khardikov¹, Vachtang G. Toria¹, Timofey S. Rybinskikh¹, Kristina N. Rodionova¹, Dmitry N. Kokushin

¹ H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russian;

² Children's Municipal Multi-specialty Clinical Center of High Medical Technology Named after K.A. Rauhfus, Saint Petersburg, Russian

BACKGROUND: Treatment of children with congenital deformity with unsegmented rod and rib synostosis is an important and topical problem to date. Topical publications present the results of surgical correction efficacy and analysis of treatment complications. The extremely important aspect of treatment efficacy assessment regarding changes in the function of external respiration is still topical.

AIM: This study aimed to analyze the treatment results of children with congenital scoliosis and unilateral segmentation disorder of the lateral surfaces of the vertebral bodies and rib synostosis.

MATERIALS AND METHODS: This is a retrospective monocenter cohort study of the treatment outcomes of 30 patients aged 1–14 years. In the preoperative period, external respiration was evaluated by pulse oscillometry, multi-slice computed tomography, digital X-ray imaging of the craniopelvis in two projections. All patients underwent expanding thoracoplasty with osteotomy of the rib synostosis and fixation with a rib-costal or rib-vertebral distractor. Control studies were performed every 6 months after the surgical intervention. The average follow-up period was 2 years. Nonparametric analysis was applied to estimate the obtained data.

RESULTS: The median (Me) age at the start of treatment was 6 years (interquartile range, 4.25; IQR hereafter). The Me scoliosis before treatment was 74° (IQR, 22.75). The Me scoliosis correction after the first stage of treatment was 16° (IQR, 11) and the second correction achieved 6° (IQR, 13). The Me kyphosis was 15° (IQR, 32), the first intervention improved kyphosis by 4° (IQR, 16), and the second by 6° (IQR, 11).

Complications were represented by the destabilization of the metal construct in six cases, and trophic disorders of soft tissues were noted in four. The assessment of external respiratory function using IOM demonstrates reliable improvement of resistive component, reactive component, and frequency dependence of the resistive component ($p < 0,01$).

CONCLUSIONS: The assessment of the external respiratory function in young children and analysis of reference values may allow their use as absolute indications for surgical treatment in children with congenital scoliosis with unsegmented bar and rib synostosis.

Keywords: children; congenital malformation; surgical treatment; congenital scoliosis; segmentation disorder; rib synostosis; unsegmented bar; treatment results; pulse oscillometry.

To cite this article:

Vissarionov SV, Asadulaev MS, Orlova EA, Ivanova PA, Shabunin AS, Murashko TV, Khardikov MA, Toria VG, Rybinskikh TS, Rodionova KN, Kokushin DN. Assessment of the efficacy of treatment for children with congenital scoliosis with unsegmented bar and rib synostosis. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2022;10(3):211–221. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS109182>

Received: 05.07.2022

Accepted: 22.08.2022

Published: 13.09.2022

ОБОСНОВАНИЕ

На данный момент отсутствуют точные сведения о распространенности пороков развития позвоночника в популяции [1], как правило, судить об этом показателе приходится исходя из данных о доле пороков развития позвоночника в структуре сколиозов или общей ортопедической патологии, что составляет 2–3 и 0,5–1 % соответственно [2–4].

Хирургическое лечение пациентов детского возраста с врожденным сколиозом имеет богатую историю, основанную на опыте как отечественных [5–7], так и зарубежных исследователей [2, 8, 9]. Выбор оперативного вмешательства зависит от варианта аномалии позвонка, величины дуги деформации и возраста ребенка [3, 10]. Однако вопрос хирургического лечения детей с врожденным сколиозом при одностороннем нарушении сегментации боковых поверхностей тел позвонков и синостозе ребер все еще актуален [11–13]. Рассматриваемые пациенты составляют сравнительно небольшую группу [14, 15]. Однако врожденный сколиоз представляет один из самых тяжелых типов врожденной деформации [10, 12, 16].

Искривление позвоночника у таких пациентов характеризуется как ригидное и быстро прогрессирующее [12, 17], достигающее 10° ежегодно [12], что приводит к формированию деформации, превышающей 100–130° к моменту окончания костного роста [1, 9, 10]. Отличительная особенность данной группы пациентов заключается в нарушении развития легочной ткани и биомеханики акта дыхания, описанных R. Campbell как синдром торакальной недостаточности (thoracic insufficiency syndrome, TIS) [12].

Ряд исследователей считают, что тактика ведения таких пациентов в первую очередь должна определяться увеличивающимся влиянием патологического процесса на развитие легких [12, 18, 19]. Безуспешность консервативного лечения данной патологии на сегодняшний день бесспорна [10, 20, 21].

Лечение пациентов с врожденной деформацией направлено на предотвращение ее бурного прогрессирования [16, 22, 23], сохранение возможности потенциального роста позвоночника и легочной ткани [24, 25], улучшение качества жизни [13]. На сегодняшний день тактика лечения основана на положениях консенсусного заявления, принятого в отношении сколиозов с ранним началом (early onset scoliosis, EOS) в 2015 г. [26].

В зарубежных [24, 27] и отечественных [5, 11, 28] исследованиях изложен опыт лечения таких пациентов (расширяющая торакопластика) с применением металлоконструкций в различных комбинациях (реберно-реберный захват, реберно-позвоночный дистрактор, система с опорой на кости таза) [10, 29, 30]. Как и любая методика, поначалу данный метод хирургического пособия стали активно применять в клинической практике при врожденных сколиозах [11, 15] и иных вариантах деформации позвоночника [23, 31, 32]. Однако позже было четко сформулировано

единственное показание к использованию этого типа металлоконструкций — синдром торакальной недостаточности [12, 17, 26]. Эффективность данного способа лечения максимальна именно в раннем периоде детства, когда наблюдаются активный рост и развитие легочной ткани [10, 22]. Тем не менее открытым остается вопрос оценки эффективности результатов хирургического лечения с позиции функции внешнего дыхания у пациентов раннего периода детства, а также разработки абсолютных критериев выбора метода лечения [33–35].

Цель — анализ результатов лечения детей с врожденным сколиозом при одностороннем нарушении сегментации боковых поверхностей тел позвонков и реберном синостозе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено моноцентровое когортное исследование с включением ретроспективного анализа результатов хирургического лечения 30 детей с врожденным сколиозом грудного отдела позвоночника при одностороннем нарушении сегментации боковых поверхностей тел позвонков и синостозе ребер и проспективного изучения функции внешнего дыхания с помощью метода импульсной осцилометрии. Все пациенты получали этапное хирургическое лечение в отделении патологии позвоночника и нейрохирургии НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера в период с 2015 по 2021 г. Средний срок наблюдения за пациентами составил 2 года (от 1,5 до 6 лет).

Критерии включения в исследование: врожденная деформация позвоночника, вызванная нарушением сегментации боковых поверхностей тел позвонков, поперечных отростков в сочетании с односторонним синостозом ребер либо варианты аномалии с преобладанием данного порока; локализация врожденного порока в грудном, груднопоясничном отделах позвоночника; отсутствие неврологических нарушений; возраст пациентов от года до 14 лет на момент хирургического лечения.

Критерии исключения: деформация позвоночника, обусловленная иными вариантами аномалий развития; тяжелая сопутствующая соматическая патология внутренних органов (в том числе пороки развития бронхолегочной системы); отказ пациента или его представителя от оперативного лечения и участия в исследовании.

Материалом для исследования послужили данные историй болезни, лучевых методов исследования (мультиспиральной компьютерной томографии, цифровых рентгенограмм) и магнитно-резонансной томографии 30 пациентов с врожденным сколиозом грудного отдела позвоночника при нарушении сегментации боковых поверхностей тел позвонков и одностороннем синостозе ребер. Девочек было 19, мальчиков — 11. Медиана возраста на момент начала хирургического лечения составляла 6 лет, межквартильный интервал (IQR) — 4,25 (минимально — 12 мес., максимально — 13 лет). Пациентов

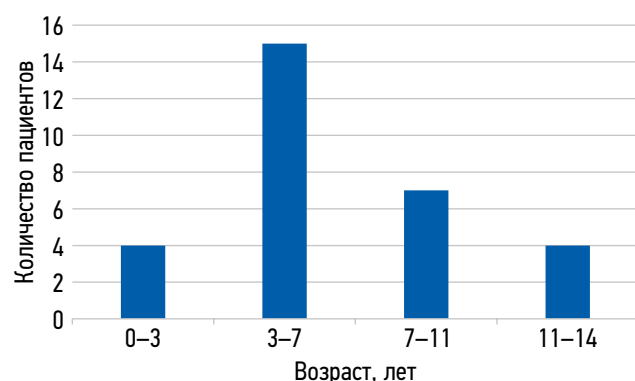


Рис. 1. Гистограмма распределения пациентов по возрастным группам на момент начала хирургического лечения

по возрасту распределяли на основании классификации Н.П. Гундобина (рис. 1).

Всем пациентам выполняли комплексное клиническое и лучевое обследование до, после хирургического лечения и на этапах динамического наблюдения. После хирургического лечения осмотры осуществляли каждые 6 мес. С помощью цифровой рентгенографии позвоночника в двух взаимно перпендикулярных проекциях уточняли вариант аномалии развития, локализацию и протяженность блокированных позвонков, а также количество ребер в области синостоза. По методике Cobb измеряли величину сколиотического, кифотического или лордотического компонентов деформации до и после хирургического вмешательства. Мультиспиральная компьютерная томография позволяла исключить костную интраканальную патологию, оценить объем легочной ткани до и после хирургического вмешательства, планировать уровень установки и протяженность имплантатов, а также степень корректности их постановки. Магнитно-резонансную томографию использовали для исключения пороков развития спинного мозга и позвоночного канала.

Статистическую обработку полученных данных выполняли в программе Wolfram Mathematica 11.0. Нормальность

распределения проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для всех параметров уровень двусторонней значимости составил $p > 0,05$, что свидетельствует о невозможности применения критериев нормального распределения. Рассчитывали медианные значения и квартильные интервалы. Статистическую значимость различий оценивали с помощью критерия знаковых рангов Уилкоксона.

Всем пациентам осуществляли оперативное лечение в объеме расширяющей торакопластики, которая позволяла провести коррекцию формы грудной клетки и увеличить ее объем, с использованием бифокальных реберно-реберных захватов и реберно-позвоночных дистракторов. Суммарно проведено 69 оперативных вмешательств. Этапное хирургическое лечение выполняли в сроки от 6 мес. до 1,5 года с момента первой корригирующей операции. Количество и сроки проведения оперативных вмешательств зависели от величины деформации и темпов ее прогрессирования в процессе роста ребенка. Вариант компоновки металлоконструкции выбирали в зависимости от локализации аномалий ребер. В случае локализации синостоза ребер в верхне- и среднегрудном отделе и наличии полноценно сформированных опорных ребер в нижнегрудном отделе применяли вариант компоновки ребро – ребро, при локализации синостоза ребер в нижнегрудном отделе — вариант дистрактора ребро – позвоночник.

Техника хирургического вмешательства. В положении пациента на боку выполняли клюшкообразный разрез, огибающий угол лопатки (рис. 2). Затем послойно выделяли синостозированные участки ребер с формированием полнослойного лоскута мягких тканей для последующего закрытия металлоконструкции. С помощью изогнутого распатора и влажных тупферов отделяли надкостницу в зоне последующей установки реберных захватов. Важным этапом являлось тщательное скелетирование, необходимое для сохранения целостности париетальной плевры. В работе применяли захват на двух

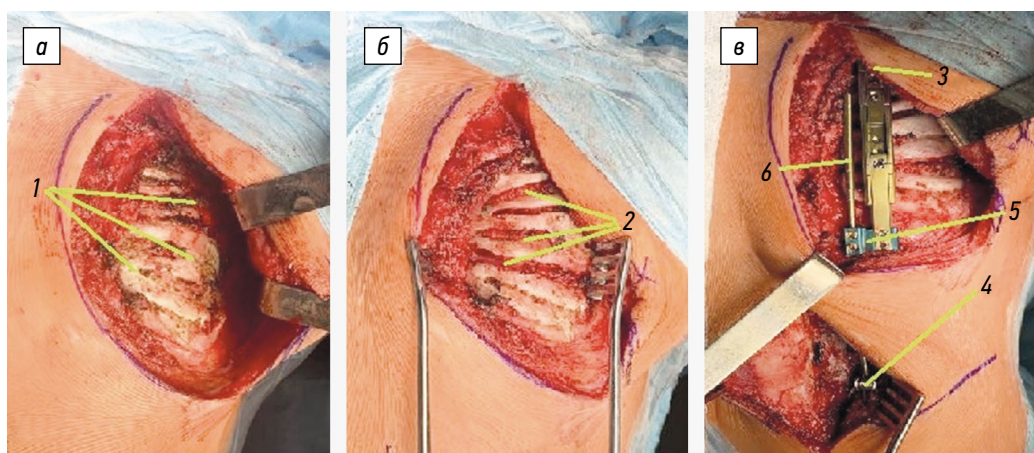


Рис. 2. Внешний вид синостоза ребер (а). Внешний вид ребер после остеотомии синостоза ребер (б). Вид области хирургического вмешательства после эндопротезирования металлоконструкции и коррекции деформации (в): 1 — зоны синостоза ребер; 2 — области выполнения остеотомии; 3 — зона установки реберного захвата; 4 — зона установки транспедикулярных винтов; 5 — коннектор реберной системы; 6 — запас стержня, необходимый для выполнения этапных хирургических вмешательств

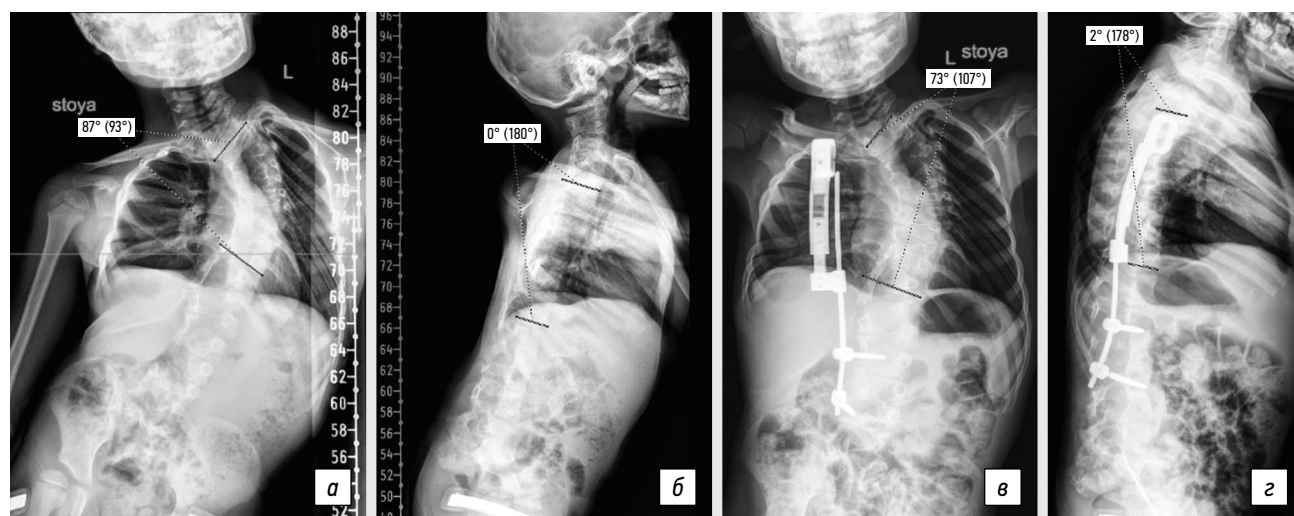


Рис. 3. Панорамная рентгенограмма позвоночника в прямой и боковой проекциях до и после хирургического лечения. Пациент, 6 лет: а, б — сколиоз до оперативного лечения — 87°, лордоз грудного отдела позвоночника — 0°; в, г — сколиоз после оперативного лечения — 73°, кифоз — 2°

ребрах. Выполняли остеотомию реберного синостоза, количество остеотомий зависело от протяженности реберного блока. При варианте реберно-позвоночной металлоконструкции дополнительно по линии остистых отростков ниже зоны несегментированного стержня осуществляли скелетирование дорсальных структур позвонков на стороне несегментированного стержня. После визуального и рентгенологического контроля определяли зону постановки транспедикулярных винтов. Далее в позвонках формировали каналы для транспедикулярных винтов. Затем путем рентгенологического контроля оценивали корректность положения опорных элементов и приступали к монтажу дистрагирующего устройства. После установки реберного захвата (при постановке реберно-позвоночной металлоконструкции) тупым способом формировали канал для проведения стержня к зоне установки транспедикулярных винтов. Выполняли дистракцию по металлоконструкции с целью опосредованной коррекции деформации позвоночника и увеличения объема гемиторакса. Величину коррекции и правильность положения опорных элементов определяли при помощи интраоперационной рентгенографии. Оперативное вмешательство завершали дренированием по Редону и послойным ушиванием раны.

Протяженность фиксации зависела от выраженности аномалии развития, протяженности несегментированного стержня и количества ребер в синостозе.

Пациентов вертикализировали на 3-и сутки после операции. У детей младшей и средней возрастной группы в послеоперационном периоде корсет применяли с целью облегчения адаптации. Воздействие ортеза на коррекцию деформации в рамках данной работы не оценивали.

В 25 случаях деформация имела грудную локализацию, у оставшихся 5 детей — груднопоясничную.

Показанием к этапному хирургическому лечению, как и в случае первичной хирургической коррекции, являлись тяжелая врожденная деформация позвоночника

и/или бурное прогрессирование искривления (более 10° в год), прогрессирование TIS, патологические значения величины кифоза в грудном отделе позвоночника, а в ряде случаев патологический лордоз (рис. 3). При потере коррекции и дестабилизации металлоконструкции также выполняли этапное хирургическое лечение, направленное на восстановление стабильности металлоконструкции.

Вершина деформации позвоночника локализована на уровне позвонков от Th_{III} до Th_X и соответствовала среднему позвоночно-двигательному сегменту, вовлеченному в несегментированный стержень. Медиана количества позвонков в несегментированном стержне — 4, IQR — 3. Реберный синостоз в среднем включал сращение 4 ребер (минимально — 3, максимально — 12). В равных количествах были представлены пациенты с левосторонними и правосторонними локализациями дуг искривления.

Средняя величина сколиотической деформации у пациентов, включенных в исследование, составляла 74°, IQR — 22,75. Для пациентов с рассматриваемым вариантом аномалии развития характерен гипокифоз, достигающий в среднем 15°, IQR — 32, в ряде случаев наблюдался патологический лордоз грудного отдела позвоночника до 20°.

Суммарно выполнено 69 оперативных вмешательств. Среднее количество этапных операций составило 2,3. В 24 случаях был использован реберно-реберный дистрактор, в 45 — реберно-позвоночный дистрактор.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Величина коррекции сколиотической деформации после первого этапа лечения составила 16° (IQR — 11). Медиана величины сколиоза после первого хирургического вмешательства — 60°, IQR — 27,25. Вторая коррекция позволила добиться исправления сколиоза на 6° (IQR — 13). Для сколиотической деформации *p*-value — 0,0145528, что говорит о статистически значимых различиях между

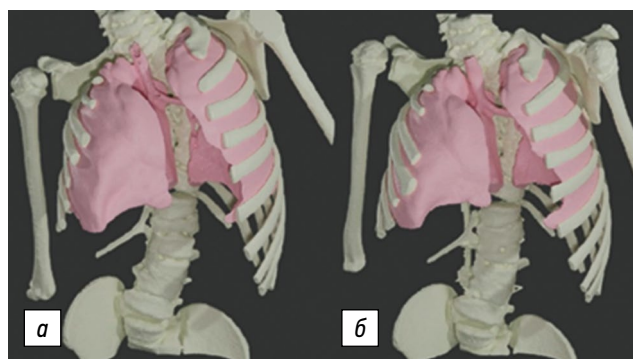


Рис. 4. КТ-волюмометрия. Пациент, 6 лет: *а* — вид легких до хирургического вмешательства; *б* — внешний вид через 6 мес. после хирургического вмешательства: изменение пространственного положения надплечий, увеличение объема гемиторакса на вогнутой стороне; увеличение правого легкого на 72,8 см³ (22,6 %), левого легкого на 62,3 см³ (20,7 %). Общий объем легких через 6 мес. после хирургического вмешательства увеличился на 21,7 % (135,1 см³)

сколиотической деформацией до и после хирургического лечения. В процессе лечения не отмечалось прогрессирования деформации.

Медиана кифоза составляла 15°, IQR — 32. После первого вмешательства удалось корригировать кифоз на 4° (IQR — 16). Медиана кифоза после первого хирургического вмешательства составляла 20°, IQR — 20,5. После второго хирургического вмешательства величина коррекции кифоза достигла 6° (IQR — 11). *P*-value для кифоза — 0,679892. Это свидетельствует о том, что оперативное лечение достоверно не повлияло на величину кифоза, но прослеживалась положительная тенденция улучшения сагиттального профиля.

Согласно анализу КТ-волюмометрии (рис. 4) медиана общего объема легочной ткани до оперативного вмешательства составляла 860,6 см³, IQR — 415,2. После хирургического вмешательства медиана общего объема легких достигла 951,3 см³, IQR — 441,3. Через 6 мес. объем легкого на стороне реберного синостоза увеличился на 13 %, на контралатеральной стороне — на 4 %. Таким образом, наблюдалась тенденция увеличения объема легкого в большей степени на стороне синостоза ребер, но она не достигала статистически значимого уровня. *P*-value для значений объема легких на синостозированной стороне — 0,204973, на контралатеральной — 0,35883.

По данным корреляционного анализа объемов легких на стороне реберного синостоза и контралатеральной стороне до оперативного вмешательства *p*-value составила 0,880099, по данным анализ значений объемов после хирургического лечения — 0,925588, что говорит о высокой зависимости объемов. На вогнутой стороне объем легкого всегда меньше, чем на выпуклой. Увеличение размеров легких после операции происходило примерно в равной степени (рис. 5).

Путем анализа функциональных результатов импульсной осциллометрии обнаружена достоверная разница показателей до и после хирургического лечения (*p* < 0,01) (рис. 6). Резистивный компонент у пациентов до оперативного вмешательства составлял 1,28, а IQR — 0,503, в послеоперационном периоде отмечено снижение показателя резистивного компонента до 1,0, IQR — 0,4. Реактивный компонент до операции был равен -0,27, IQR — 0,14, после операции показатели улучшились до -0,15, IQR — 0,108. Частотная зависимость резистивного компонента до операции составляла 0,24, IQR — 0,06, после оперативного лечения медиана показателя была равна 0,14, IQR — 0,06. Таким образом, в перспективе оценка функции внешнего дыхания, в том числе у детей младшей возрастной группы, позволит получать референтные данные функционального состояния легких как до хирургического лечения, так и на его этапах.

Из описанного выше следует, что исследование изменения объема легких в процессе наблюдения не дает достоверных данных, в отличие от импульсной осциллометрии, показатели которой достоверно и существенно улучшаются и могут быть использованы в качестве критериев оценки хирургического лечения.

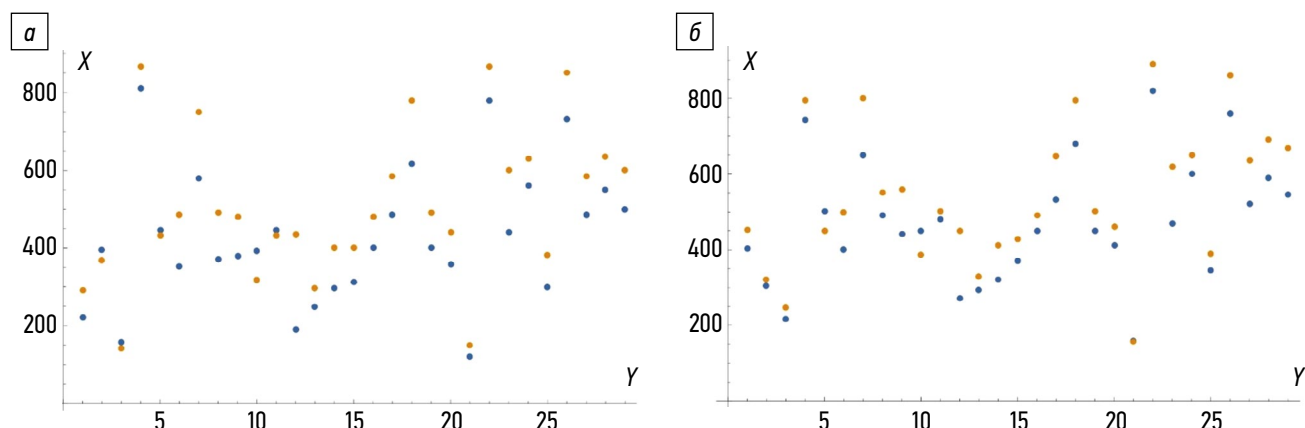


Рис. 5. Корреляция объемов правого и левого легкого до и после хирургического лечения: *а* — значения объемов до хирургического лечения; *б* — значения объемов после хирургического лечения; *X* — объем см³; *Y* — порядковый номер пациента; желтый цвет — показатель здоровой стороны; синий цвет — показатель объема на стороне синостоза ребер. До операции объем легких на вогнутой стороне был меньше, чем на выпуклой

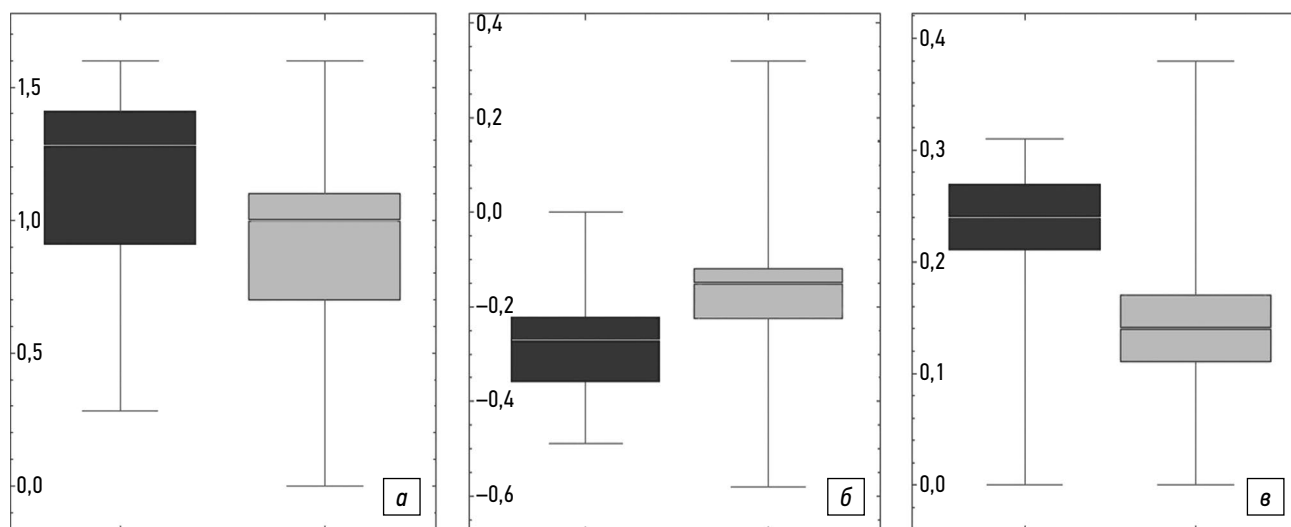


Рис. 6. Распределение величин параметров импульсной осциллометрии в формате box-plot до операции обозначено темно-серым цветом, после хирургического лечения — светло-серым цветом: а — резистивный компонент; б — реактивный компонент; в — частотная зависимость резистивного компонента

Осложнения хирургического лечения представлены дестабилизацией металлоконструкции в 6 случаях в сроки от 1 до 6 мес. после операции, сопровождаемой потерей достигнутой коррекции деформации, что привело к необходимости выполнения повторного хирургического вмешательства, направленного на восстановление целостности системы. Как правило, дестабилизации предшествовало грубое нарушение ортопедического режима. Трофические нарушения мягких тканей отмечены у 4 пациентов после второй и последующей коррекции и купированы в ходе консервативного лечения.

ОБСУЖДЕНИЕ

Величина коррекции сколиотической деформации после первого этапа лечения составила 16° (IQR — 11). Вторая коррекция позволила добиться исправления сколиоза на 6° (IQR — 13). Для сколиотической деформации p -value составила 0,0145528, что указывает на статистически значимые различия между сколиотической деформацией до и после хирургического лечения. Эти данные сопоставимы с результатами как отечественных [6], так и зарубежных авторов [35]. Снижение эффективности последующих вмешательств также соответствует показателям, представленным в литературных источниках.

Отсутствие статистически значимых результатов коррекции кифотического компонента деформации также не противоречит данным научной литературы, для рассматриваемых систем не характерен компонент сагиттальной коррекции.

Осложнения, полученные в ходе нашего исследования, сопоставимы с данными других авторов и объясняются большой величиной искривления уже в раннем возрасте и несоблюдением ортопедического режима вследствие выраженной двигательной активности пациентов.

Согласно ряду исследований тяжесть ТИС определяется количеством ребер, включенных в синостоз [12, 24, 35], что можно объяснить прогрессирующим ухудшением состояния, обусловленным трехплоскостной деформацией грудной клетки.

Волюмометрия с применением метода мультиспиральной компьютерной томографии позволяет дополнить диагностическую карту в предоперационном периоде и на этапах хирургического лечения. Однако в результате анализа данных до лечения и на его этапах не было обнаружено достоверной разницы в показателях. Вместе с тем выявлена связь между значениями объемов легких на стороне синостоза ребер и здоровой стороне как до, так и после хирургического лечения. До операции объем легких на вогнутой стороне был меньше, чем на выпуклой (с учетом физиологической разницы правого и левого легкого в размерах). Увеличение размера легких после операции на выпуклой и вогнутой сторонах происходило примерно в равной степени.

Анализ показателей функции внешнего дыхания позволяет получить ранее недоступные данные у пациентов первой декады жизни. Снижение рассматриваемых показателей говорит о нормализации функции внешнего дыхания после первого этапа хирургического вмешательства. Дальнейшее изучение вопроса необходимо для определения референтных значений показателей импульсной осциллометрии с целью четкого формирования критериев для этапного хирургического лечения.

Ограничения исследования: в силу небольшого количества наблюдений, а также отсутствия распределения данных по нормальным критериям в исследовании были применены методы непараметрического анализа. Дополнительным ограничением исследования является возрастной диапазон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительные результаты этапных хирургических вмешательств демонстрируют возможность предотвращения прогрессирования деформации грудной клетки и создания условий для развития легочной ткани. Благодаря оценке функционального состояния легких методом импульсной осциллометрии выявлено достоверное различие показателей, что свидетельствует о положительной динамике со стороны дыхательной системы.

Этапные хирургические вмешательства у детей младшего возраста нужно выполнять лишь в случае подтверждения нарушения функции внешнего дыхания, которое диагностируют на основании импульсной осциллометрии. Быстрое прогрессирование и тяжесть деформации без изменений функции внешнего дыхания служат показанием для ранней коррекции деформации позвоночника. Дальнейший анализ референтных значений указывает на абсолютные показания к хирургическому лечению у детей с врожденным сколиозом при несегментированном стержне и синостозе ребер.

Проведение КТ-волюмометрии желательно для динамической оценки состояния, а также накопления данных с целью определения референтных границ нормы и патологии.

Дальнейшее исследование позволит сформулировать абсолютные критерии выбора этапного лечения, что в свою очередь уменьшит частоту хирургических вмешательств и снизит риски осложнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ahmad A.A. Early onset scoliosis and current treatment methods // J. Clin. Orthop. Trauma. 2020. Vol. 11. No. 2. P. 184–190. DOI: 10.1016/j.jcot.2019.12.011
2. Burnei G., Gavrilu S., Vlad C. et al. Congenital scoliosis: an up-to-date // J. Med. Life. 2015. Vol. 8. No. 3. P. 388–397.
3. Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю. Врожденные деформации позвоночника у детей: прогноз эпидемиологии и тактика ведения // Хирургия позвоночника. 2009. № 2. С. 55–61. DOI: 10.14531/ss2009.2.55-61
4. Виссарионов С.В. Хирургическое лечение сегментарной нестабильности грудного и поясничного отделов позвоночника у детей: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск, 2008.
5. Рябых С.О., Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю. Лечение врожденных деформаций позвоночника у детей: вчера, сегодня, завтра // Хирургия позвоночника. 2020. № 17. С. 15–23. DOI: 10.14531/ss2020.1.15-24
6. Михайловский М.В. Хирургическое лечение пациентов со сколиозами 1-й декады жизни: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2016. № 13. С. 36–44. DOI: 10.14531/ss2016.2.36-44
7. Виссарионов С.В., Хусаинов Н.О. Анализ результатов хирургического лечения детей с множественными аномалиями развития позвонков и грудной клетки с использованием внепозвоночных металлоконструкций // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2017. № 5. С. 5–12. DOI: 10.17816/PTORS525-12

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Отсутствует.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России (протокол № 20-3 от 20.11.2020). У представителей пациентов было получено письменное согласие на обработку и публикацию персональных данных.

Вклад авторов. С.В. Виссарионов — формулировка цели и разработка дизайна исследования, хирургическое лечение пациентов. М.С. Асадулаев — написание всех разделов статьи, сбор и анализ данных, анализ литературы. Е.А. Орлова — пульмонологическое обследование всех пациентов, включенных в исследование, этапное редактирование текста статьи. П.А. Иванова — сбор и анализ ретроспективных данных, перевод резюме на английский язык. А.С. Шабунин — статистическая обработка полученных данных. Т.В. Мурашко — анализ данных лучевых обследований, этапное редактирование текста статьи. М.А. Хардинов — этапное редактирование текста статьи, оформление списка литературы. В.Г. Тория — сбор и анализ данных лучевых обследований. Т.С. Рыбинских — этапное редактирование текста статьи, перевод на английский язык. К.Н. Родионова — статистическая обработка полученных данных. Д.Н. Кокушин — этапное редактирование текста статьи, сбор данных.

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

8. Larson A.N., Baky F.J., St. Hilaire T. et al. Spine deformity with fused ribs treated with proximal rib- versus spine-based growing constructs // Spine Deform. 2019. Vol. 7. P. 152–157. DOI: 10.1016/j.jsdp.2018.05.011
9. Liu Z., Cheng Y., Hai Y. et al. Developments in congenital scoliosis and related research from 1992 to 2021: A thirty-year bibliometric // Analysis World Neurosurg. 2022. Vol. 164. P. e24–e44. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.02.117
10. Wiggins G.C., Shaffrey C.I., Abel M.F. Pediatric spinal deformities // Neurosurg. Focus. 2003. Vol. 14. P. 1–14. DOI: 10.3171/foc.2003.14.1.4
11. Рябых С.О., Ульрих Э.В. Применение инструментария VEPTR при деформации позвоночника у детей младшего возраста, обусловленной нарушением сегментации // Педиатр. 2011. Т. 2. № 2. С. 3–7.
12. Mayer O., Campbell R., Cahill P., Redding G. Thoracic insufficiency syndrome // Curr. Probl. Pediatr. Adolesc. Health Care. 2016. Vol. 46. P. 72–97. DOI: 10.1016/j.cppeds.2015.11.001
13. Abdelaal A., Munigangaiah S., Davidson N., Trivedi J. Early-onset scoliosis: challenges and current management options // Orthop. Trauma. 2020. Vol. 34. No. 6. P. 390–396. DOI: 10.1016/j.mporth.2020.09.009
14. Михайловский М.В., Ульрих Э.В., Суздалов В.А. и др. Инструментарий VEPTR в хирургии инфантильных и ювенильных сколиозов: первый отечественный опыт // Хирургия позвоночника. 2010. Т. 3. С. 31–41.

15. Motoyama E.K., Yang C.I., Deeney V.F. Thoracic malformation with early-onset scoliosis: Effect of serial VEPTR expansion thoracoplasty on lung growth and function in children // *Paediatr. Respir. Rev.* 2009. Vol. 10. P. 12–17. DOI: 10.1016/j.prrv.2008.10.004
16. Winter R.B. Congenital thoracic scoliosis with unilateral unsegmented bar, convex hemivertebrae, and fused concave ribs with severe progression after posterior fusion at age 2: 40-year follow-up after revision anterior and posterior surgery at age 8 // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2012. Vol. 37. P. E507–510. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31824ac401
17. Tsukahara K., Mayer O.H. Thoracic insufficiency syndrome: Approaches to assessment and management // *Paediatr. Respir. Rev.* 2022. Vol. S1526–0542. No. 22. P. 27–60. DOI: 10.1016/j.prrv.2022.02.003
18. Kalidindi K.K.V., Sath S., Sharma J., Chhabra H.S. Management of severe rigid scoliosis by total awake correction utilizing differential distraction and in situ stabilization // *Interdiscip. Neurosurg.* 2020. Vol. 21. DOI: 10.1016/j.inat.2020.100778
19. Thakar C., Kieser D.C., Mardare M. et al. Systematic review of the complications associated with magnetically controlled growing rods for the treatment of early onset scoliosis // *Eur. Spine J.* 2018. Vol. 27. P. 2062–2071. DOI: 10.1007/s00586-018-5590-4
20. Казарян И.В. Прогнозирование течения врожденных деформаций позвоночника у детей // *Хирургия позвоночника*. 2014. Т. 3. С. 38–44. DOI: 10.14531/ss2014.3.38-44
21. Studer D., Büchler P., Hasler C. Radiographic outcome and complication rate of 34 graduates after treatment with vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR): a single center report // *J. Pediatr. Orthop.* 2019. Vol. 39. № 10. P. e731–e736. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001338
22. Рябых С.О. Выбор хирургической тактики при врожденных деформациях позвоночника на фоне множественных пороков позвонков // *Хирургия позвоночника*. 2014. Т. 2. С. 21–28. DOI: 10.14531/ss2014.2.21-28
23. Skov S.T., Li H., Hansen E.S. et al. New growth rod concept provides three dimensional correction, spinal growth, and preserved pulmonary function in early-onset scoliosis // *Int. Orthop.* 2020. Vol. 44. P. 1773–1783. DOI: 10.1007/s00264-020-04604-y
24. Gadepalli S.K., Hirschl R.B., Tsai W.C. et al. Vertical expandable prosthetic titanium rib device insertion: does it improve pulmonary function? // *J. Pediatr. Surg.* 2011. Vol. 46. P. 77–80. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2010.09.070
25. Skaggs D.L., Akbarnia B.A., Flynn J.M. et al. A classification of growth friendly spine implants // *J. Pediatr. Orthop.* 2014. Vol. 34. P. 260–274. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000073
26. Статья П. Согласительное положение по проблеме ранних сколиозов // *Хирургия позвоночника*. 2015. Т. 3. С. 104–105.
27. Redding G.J., Mayer O.H. Structure-respiration function relationships before and after surgical treatment of early-onset scoliosis // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2011. Т. 469 (Springer New York LLC). P. 1330–1334. DOI: 10.1007/s11999-010-1621-0
28. Виссарионов С.В., Асадулаев М.С., Хардинов М.А. и др. Остеотомия позвоночника в лечении детей с врожденным сколиозом при нарушении сегментации боковых поверхностей тел позвонков (предварительные результаты) // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2021. Т. 9. С. 417–426. DOI: 10.17816/PTORS77239
29. Binitie O., Flynn J.M. Vertical expandable prosthetic titanium rib in early-onset scoliosis // *Spine Surg.* 2012. Vol. 24. P. 149–154. DOI: 10.1053/j.semss.2012.04.004
30. Campbell R.M. Procedure 23 – Vertical expandable prosthetic titanium rib opening wedge thoracostomy for congenital spinal deformities. In: Baron E.M., Vaccaro A.R. *Operative Techniques: Spine Surgery*. 3rd ed. 2018. P. 203–213. DOI: 10.1016/B978-0-323-40066-4.00023-0
31. Latalski Michał and Fatyga M., Sowa I., Wojciak M. et al. Complications in growth-friendly spinal surgeries for early-onset scoliosis: Literature review // *World J. Orthop.* 2021. Vol. 12. 584–603. DOI: 10.5312/wjo.v12.i8.584
32. Dimeglio A., Canavese F. The growing spine: How spinal deformities influence normal spine and thoracic cage growth // *Eur. Spine J.* 2012. Vol. 21. P. 64–70. DOI: 10.1007/s00586-011-1983-3
33. Михайловский М.В. Синдром торакальной недостаточности при инфантильном врожденном сколиозе // *Хирургия позвоночника*. 2010. Т. 3. С. 20–28. DOI: 10.14531/ss2010.3.20-28
34. Виссарионов С.В., Асадулаев М.С., Орлова Е.А. и др. Оценка состояния респираторной системы у детей с врожденным сколиозом методом импульсной осциллометрии и компьютерной томографии (предварительные результаты) // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2022. Т. 10. С. 33–42. DOI: 10.17816/PTORS89978
35. Ramirez N., Flynn J.M., Serrano J.A. et al. The vertical expandable prosthetic titanium rib in the treatment of spinal deformity due to progressive early onset scoliosis // *J. Pediatr. Orthop. Part B*. 2009. Vol. 18. P. 197–203. DOI: 10.1097/BPB.0b013e32832bf5e0

REFERENCES

1. Ahmad AA. Early onset scoliosis and current treatment methods. *J Clin Orthop Trauma*. 2020;11(2):184–190. DOI: 10.1016/j.jcot.2019.12.011
2. Burnei G, Gavrilu S, Vlad C, et al. Congenital scoliosis: an up-to-date. *J. Med. Life*. 2015;8(3):388–397.
3. Ulrikh EV, Mushkin AYu, Gubin AV. Congenital spine deformities in children: epidemiological prognosis and management. *Hirurgiā pozvonočnika (Spine Surgery)*. 2009;(2):55–61. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2009.2.55-61
4. Vissarionov SV. *Khirurgicheskoe lechenie segmentarnoi nestabil'nosti grudnogo i poyasnichnogo otdelov pozvonochnika u detei* [dissertation abstract]. Novosibirsk; 2008. (In Russ.)
5. Ryabykh SO, Ulrikh EV, Mushkin AYu, Gubin AV. Treatment of congenital spinal deformities in children: yesterday, today, tomorrow. *Hirurgiā pozvonočnika (Spine Surgery)*. 2020;17(1):15–24. DOI: 10.14531/ss2020.1.15-24
6. Mikhailovsky MV, Suzdalov VA. Surgical treatment of patients with scoliosis in the 1st decade of life: a literature review. *Hirurgiā pozvonočnika (Spine Surgery)*. 2016;13(2):36–44. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2016.2.36-44
7. Vissarionov SV, Husainov NO, Kokushin DN. Analysis of results of treatment without-of-spine-based implants in patients with multiple congenital anomalies of the spine and thorax. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2017;5(2):5–12. DOI: 10.17816/PTORS525-12
8. Larson AN, Baky FJ, St. Hilaire T, et al. Spine deformity with fused ribs treated with proximal rib- versus spine-based growing constructs. *Spine Deform.* 2019;7:152–157. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.05.011
9. Liu Z, Cheng Y, Hai Y, et al. Developments in congenital scoliosis and related research from 1992 to 2021: A thirty-year bibliometric. *Analysis World Neurosurg.* 2022;164:e24–e44. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.02.117

10. Wiggins GC, Shaffrey CI, Abel MF. Pediatric spinal deformities. *Neurosurg Focus*. 2003;14:1–14. DOI: 10.3171/foc.2003.14.1.4
11. Ryabykh SO, Ulrich EW. Usage of VEPTR instrumentation in treatment of spine deformities caused by failure of segmentation in young children. *Pediatr*. 2011;2(2):3–7. (In Russ.)
12. Mayer O, Campbell R, Cahill P, Redding G. Thoracic insufficiency syndrome. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2016;46:72–97. DOI: 10.1016/j.cppeds.2015.11.001
13. Abdelaal A, Munigangaiah S, Davidson N, Trivedi J. Early-onset scoliosis: challenges and current management options. *Orthop Trauma*. 2020;34(6):390–396.
14. Mikhailovsky MV, Ulrikh EV, Suzdalov VA, et al. VEPT Instrumentation in the surgery for infantile and juvenile scoliosis: First experience in Russia. *Hir Pozvonoc*. 2010;(3):31–41.
15. Motoyama EK, Yang CI, Deeney VF. Thoracic malformation with early-onset scoliosis: Effect of serial VEPT expansion thoracoplasty on lung growth and function in children. *Paediatr Respir Rev*. 2009;10:12–17. DOI: 10.1016/j.prrv.2008.10.004
16. Winter RB. Congenital thoracic scoliosis with unilateral unsegmented bar, convex hemivertebrae, and fused concave ribs with severe progression after posterior fusion at age 2: 40-year follow-up after revision anterior and posterior surgery at age 8. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(8):E507–510. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31824ac401
17. Tsukahara K, Mayer OH. Thoracic insufficiency syndrome: Approaches to assessment and management // *Paediatr. Respir. Rev*. 2022;S1526-0542(22):27–60. DOI: 10.1016/j.prrv.2022.02.003
18. Kalidindi KKV, Sath S, Sharma J, Chhabra HS. Management of severe rigid scoliosis by total awake correction utilizing differential distraction and in situ stabilization. *Interdiscip Neurosurg*. 2020;21. DOI:10.1016/j.inat.2020.100778
19. Thakar C, Kieser DC, Mardare M, et al. Systematic review of the complications associated with magnetically controlled growing rods for the treatment of early onset scoliosis. *Eur Spine J*. 2018;27:2062–2071. DOI: 10.1007/s00586-018-5590-4
20. Kazaryan IV, Vissarionov SV. Prediction of the course of congenital spinal deformities in children. *Hirurgiâ pozvonočnika (Spine Surgery)*. 2014;(3):38–44. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2014.3.38-44
21. Studer D, Hasler C, Büchler P. Radiographic outcome and complication Rate of 34 graduates after treatment with vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR): a single center report. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(10):e731–e736. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001338
22. Ryabykh SO. The choice of surgical approach for congenital spinal deformity caused by multiple vertebral malformations. *Hirurgiâ pozvonočnika (Spine Surgery)*. 2014;(2):21–28. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2014.2.21-28
23. Skov ST, Li H, Hansen ES, et al. New growth rod concept provides three dimensional correction, spinal growth, and preserved pulmonary function in early-onset scoliosis. *Int Orthop*. 2020;44:1773–1783. DOI: 10.1007/s00264-020-04604-y
24. Gadealli SK, Hirschl RB, Tsai WC, et al. Vertical expandable prosthetic titanium rib device insertion: does it improve pulmonary function? *J Pediatr Surg*. 2011;46:77–80. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2010.09.070
25. Skaggs DL, Akbarnia BA, Flynn JM, et al. A classification of growth friendly spine implants. *J Pediatr Orthop*. 2014;34:260–274. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000073
26. Article E. Early onset scoliosis consensus statement. *Hirurgiâ pozvonočnika (Spine Surgery)*. 2015;12(3):104–105. (In Russ.)
27. Redding GJ, Mayer OH. Structure-respiration function relationships before and after surgical treatment of early-onset scoliosis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2011;469(5):1330–1334. DOI: 10.1007/s11999-010-1621-0
28. Vissarionov SV, Asadulaev MS, Khardikov MA, et al. Spinal osteotomy for children with congenital scoliosis with unilateral unsegmented bar: Preliminary results. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2021;9(4):417–426. (In Russ.) DOI: 10.17816/PTORS77239
29. Binitie O, Flynn JM. Vertical expandable prosthetic titanium rib in early-onset scoliosis semin. *Spine Surg*. 2012;24:149–154. DOI: 10.1053/j.semss.2012.04.004
30. Campbell RM. Procedure 23 – Vertical expandable prosthetic titanium rib opening wedge thoracostomy for congenital spinal deformities. In: Baron E.M., Vaccaro A.R. *Operative Techniques: Spine Surgery*. 3rd ed. 2018. P. 203–213. DOI: 10.1016/B978-0-323-40066-4.00023-0
31. Latański Michał and Fatyga M, Sowa I, Wojciak M, et al. Complications in growth-friendly spinal surgeries for early-onset scoliosis: Literature review. *World J Orthop*. 2021;12:584–603. DOI: 10.5312/wjo.v12.i8.584
32. Dimeglio A, Canavese F. The growing spine: How spinal deformities influence normal spine and thoracic cage growth. *Eur Spine J*. 2012;21:64–70. DOI: 10.1007/s00586-011-1983-3
33. Mikhailovsky MV, Suzdalov VA. Thoracic insufficiency syndrome in infantile congenital scoliosis. *Hirurgiâ pozvonočnika (Spine Surgery)*. 2010;(3):20–28. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2010.3.20-28
34. Vissarionov SV, Asadulaev MS, Orlova EA, et al. Assessment of the respiratory system in children with congenital scoliosis by impulse oscillometry and computed tomography (preliminary results). *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2022;10(1):33–42. DOI: 10.17816/PTORS89978
35. Ramirez N, Flynn JM, Serrano JA, et al. The vertical expandable prosthetic titanium rib in the treatment of spinal deformity due to progressive early onset scoliosis. *J Pediatr Orthop Part B*. 2009;18:197–203. DOI: 10.1097/BPB.0b013e32832bf5e0

ОБ АВТОРАХ

Сергей Валентинович Виссарионов, д-р мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>;
eLibrary SPIN: 7125-4930; ResearcherID: P-8596-2015;
Scopus Author ID: 6504128319;
e-mail: vissarionovs@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

Sergei V. Vissarionov, MD, PhD, Dr. Sci. (Med.),
Professor, Corresponding Member of RAS;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>;
eLibrary SPIN: 7125-4930; ResearcherID: P-8596-2015;
Scopus Author ID: 6504128319;
e-mail: vissarionovs@gmail.com

*** Марат Сергеевич Асадулаев**, аспирант;
адрес: Россия, 196603, Санкт-Петербург, Пушкин,
ул. Парковая, д. 64–68;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1768-2402>;
Scopus Author ID: 57191618743; eLibrary SPIN: 3336-8996;
e-mail: marat.asadulaev@yandex.ru

Елена Антоновна Орлова, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3128-980X>;
e-mail: eaorlova@mail.ru

Полина Андреевна Иванова, ординатор;
e-mail: polinaiva2772@gmail.com

Антон Сергеевич Шабунин, научный сотрудник;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8883-0580>;
Scopus Author ID: 57191623923; eLibrary SPIN: 1260-5644;
e-mail: anton-shab@yandex.ru

Татьяна Валерьевна Мурашко, врач-рентгенолог;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0596-3741>;
eLibrary SPIN: 9295-6453; e-mail: popova332@mail.ru

Михаил Александрович Харди́ков, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8269-0900>;
Scopus Author ID: 57203014683; eLibrary SPIN: 3378-7685;
e-mail: khardikov21@gmail.com

Вахтанг Гамлетович Тория, врач-нейрохирург;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2056-9726>;
eLibrary SPIN: 1797-5031; e-mail: vakdiss@yandex.ru

Тимофей Сергеевич Рыбинских, ординатор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4180-5353>;
eLibrary SPIN: 7739-4321; e-mail: timofey1999r@gmail.com

Кристина Николаевна Родионова, студент 3-го курса;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6187-2097>;
eLibrary SPIN: 4627-3979; e-mail: rkn0306@mail.ru

Дмитрий Николаевич Кокушин, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2510-7213>;
Scopus Author ID: 57193257768; eLibrary SPIN: 9071-4853;
e-mail: partgerm@yandex.ru

*** Marat S. Asadulaev**, MD, PhD student;
address: 64–68 Parkovaya str., Pushkin, Saint Petersburg,
196603, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1768-2402>;
Scopus Author ID: 57191618743; eLibrary SPIN: 3336-8996;
e-mail: marat.asadulaev@yandex.ru

Elena Antonovna Orlova, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3128-980X>;
e-mail: eaorlova@mail.ru

Polina A. Ivanova, MD, resident;
e-mail: polinaiva2772@gmail.com

Anton S. Shabunin, Research Associate;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8883-0580>;
Scopus Author ID: 57191623923; eLibrary SPIN: 1260-5644;
e-mail: anton-shab@yandex.ru

Tatyana V. Murashko, MD, radiologist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0596-3741>;
eLibrary SPIN: 9295-6453; e-mail: popova332@mail.ru

Mikhail A. Khardikov, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8269-0900>;
Scopus Author ID: 57203014683; eLibrary SPIN: 3378-7685;
e-mail: khardikov21@gmail.com

Vachtang G. Toriya, MD, Neurosurgeon;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2056-9726>;
eLibrary SPIN: 1797-5031; e-mail: vakdiss@yandex.ru

Timofey S. Rybinskikh, MD, resident;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4180-5353>;
eLibrary SPIN: 7739-4321; e-mail: timofey1999r@gmail.com

Kristina N. Rodionova, 3rd year student;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6187-2097>;
eLibrary SPIN: 4627-3979; e-mail: rkn0306@mail.ru

Dmitriy N. Kokushin, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2510-7213>;
Scopus Author ID: 57193257768; eLibrary SPIN: 9071-4853;
e-mail: partgerm@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author