

С.В. Виссарионов, М.С. Асадулаев, А.С. Шабунин,
К.Н. Родионова, Е.А. Орлова, Ю.А. Новосад,
П.А. Першина, Т.С. Рыбинских



Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Метод выбора хирургического лечения детей младшей возрастной группы с врожденной деформацией позвоночника и грудной клетки

Обоснование. Аномалии развития позвоночника относят к наиболее тяжелой патологии осевого скелета. Внутриутробное формирование деформации с последующим ее прогрессированием в процессе роста выступает причиной необходимости хирургического вмешательства. Распространенность пациентов с врожденным сколиозом в общей структуре деформаций позвоночника составляет до 2%. В ряду злокачественности течения заболевания дети с несегментированным стержнем и синостозом ребер представляют собой одну из наиболее неблагоприятных групп пациентов. **Цель** — провести сравнительный анализ результатов хирургического лечения детей с врожденным сколиозом при одностороннем боковом нарушении сегментации позвонков и синостозе ребер с применением различных методик. **Методы.** Работа представляет собой исследование типа «случай–контроль» (III уровень доказательности). Дизайн работы представляет собой моноцентровое когортное ретро- и проспективное исследование. Проанализированы результаты хирургического лечения пациентов в период с 2010 по 2020 г. В исследование включено 45 пациентов в возрасте от 3 до 7 лет с диагнозом «врожденный сколиоз» при одностороннем боковом нарушении сегментации тел позвонков и синостозе ребер. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от примененного метода хирургического лечения. В первой группе ($n = 24$) пациентам выполнена расширяющая торакопластика с имплантацией индивидуального реберного/реберно-позвоночного дистрактора, во второй группе ($n = 21$) пациентам было выполнено хирургическое вмешательство на позвоночнике в объеме вертебротомии на вершине искривления и с коррекцией деформации многоопорной спинальной системой. В анализ результатов включали данные медицинской документации, а также МСКТ, рентгенограмм, импульсной осциллометрии. **Результаты.** Ме (медиана) сколиоза до лечения у пациентов первой группы 58,5; IQR = 19,75; после лечения — Ме = 40,0; IQR = 20,0. Ме кифоза до операции — 22; IQR = 4,5; после операции — Ме = 26,0; IQR = 4,0. Во второй группе Ме сколиоза до лечения — 58,0; IQR = 3,0; после лечения — Ме = 20,0; IQR = 6,0. Ме кифоза до операции — 22; IQR = 2,0; после операции — Ме = 28,0; IQR = 4,0. При сравнении данных МСКТ у пациентов первой группы отмечалось увеличение объема легочной ткани на 21% исходного объема легких, во второй группе увеличение составило 27%. Анализ показателей функции внешнего дыхания демонстрирует улучшение показателей реактивного компонента на 21,1%, частотной зависимости резистивного компонента — на 46,4%, резистивного компонента — на 50% у пациентов первой группы, во второй группе отмечается улучшение показателей реактивного компонента на 21,1%, резистивного компонента — на 50,9% и частотной зависимости реактивного компонента — на 46,7%. **Заключение.** Выполнение корригирующего вмешательства на позвоночнике в раннем возрасте позволяет добиться эффективной коррекции деформации, отмечаются схожие изменения со стороны как объема легких, так и функционального состояния дыхательной системы за счет опосредованной коррекции формы грудной клетки.

Ключевые слова: порок позвоночника, синостоз ребер, ортопедия, вертебрология, дети, импульсная осциллометрия, несегментированный стержень

Для цитирования: Виссарионов С.В., Асадулаев М.С., Шабунин А.С., Родионова К.Н., Орлова Е.А., Новосад Ю.А., Першина П.А., Рыбинских Т.С. Метод выбора хирургического лечения детей младшей возрастной группы с врожденной деформацией позвоночника и грудной клетки. Вестник РАМН. 2023;78(6):621–630. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn16017>

Обоснование

Аномалии развития позвоночника относятся к наиболее сложной и тяжелой патологии осевого скелета [1, 2]. Внутриутробное формирование деформации с последующим ее прогрессированием в процессе роста ребенка является причиной необходимости выбора хирургического метода лечения [2–4]. Распространенность пациентов с врожденным сколиозом в общей структуре деформаций позвоночника составляет до 2% [5–7]. Среди всех врожденных деформаций позвоночного столба дети с искривлением на фоне одностороннего нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков и синостоза ребер представляют собой одну из наиболее бурно прогрессирующих и прогностически неблагоприятных групп пациентов [1, 5, 8].

Рассматриваемое сочетание врожденной деформации позвоночника и аномалии развития ребер приво-

дят к формированию и прогрессированию синдрома торакальной недостаточности [5, 8, 9]. Синдром торакальной недостаточности впервые описан R. Campbell [8] как неспособность грудной клетки обеспечивать нормальную биомеханику дыхательного акта и рост легких [10].

Среди зарубежных специалистов для пациентов с синдромом торакальной недостаточности общепризнанной стала практика применения «растущего» инструментария с целью осуществления расширяющей торакопластики с имплантацией реберно-реберных, реберно-позвоночных или реберно-тазовых дистракторов [2, 8, 9]. Одним из наиболее известных вариантов описанной металлоконструкции остается система VEPTR [8–10].

В экспериментальных моделях синдрома торакальной недостаточности на животных было продемонстрировано, что выполнение расширяющей торакопластики позволяет восстановить нормальную архитектуру легочной паренхимы [5, 11]. Однако в ряде исследований приво-

дится неоптимистичная аналитика количества осложнений при рассматриваемом варианте хирургии [12–14]. Анализируя публикации, мы пришли к выводу, что прослеживается необходимость в проведении сравнительных исследований результатов применения двух принципиально разных методов лечения пациентов с врожденным сколиозом, обусловленным односторонним боковым нарушением сегментации позвонков и синостозом ребер. Мы стремились сравнить результаты, достигнутые в процессе хирургического лечения у детей ранней возрастной группы (от 3 до 7 лет), получавших лечение в виде расширяющей торакопластики с имплантацией реберно-реберного/реберно-позвоночного дистрактора и клиновидной вертебротомии на вершине врожденной дуги деформации.

Цель исследования — провести сравнительный анализ результатов хирургического лечения детей с врожденным сколиозом при одностороннем боковом нарушении сегментации позвонков и синостозе ребер с применением различных методик.

Методы

Дизайн работы представляет собой моноцентровое когортное ретро- и проспективное исследование. Проанализированы результаты хирургического лечения пациентов в период с 2010 по 2020 г. В анализ включено 45 пациентов в возрасте от 3 до 7 лет с диагнозом «врожденный сколиоз» при одностороннем боковом нарушении сегментации тел позвонков и синостозе ребер. Возрастной

интервал был выбран в связи с анатомо-физиологическими особенностями роста легких, а также с целью объективизации оцениваемых данных после анализа вида распределения выборки.

Пациенты были разделены на две группы в зависимости от примененного метода хирургического лечения. В первой группе ($n = 24$) пациентам выполнена расширяющая торакопластика с имплантацией реберного дистрактора, во второй группе ($n = 21$) — хирургическое вмешательство на позвоночнике в объеме корригирующей вертебротомии с последующей стабилизацией достигнутого результата многоопорной спинальной системой. В анализ результатов включали данные медицинской документации, а также МСКТ, рентгенограмм, импульсной осциллометрии [6, 15].

Для выбора метода статистической оценки данных первым этапом определяли наличие/отсутствие нормальности распределения показателей сколиотического и кифотического компонентов деформации у пациентов обеих групп с помощью теста Шапиро–Уилка (рис. 1).

Для обоих исследуемых параметров (см. рис. 1) установлены статистически значимые отличия от нормального распределения данных. Исходя из вышеизложенного, в качестве мер центральной тенденции и изменчивости мы использовали медиану (Me) и межквартильный размах (IQR) соответственно.

С целью расчета объема легких на основании денситометрических показателей применяли варианты постпроцессорной обработки МСКТ [6, 15].

Для оценки качества жизни пациентов необходима интерпретация показателей стандартных методов оцен-

S.V. Vissarionov, M.S. Asadulaev, A.S. Shabunin, K.N. Rodionova, E.A. Orlova,
Y.A. Novosad, P.A. Pershina, T.S. Rybinskikh

National Medical Research Center of Pediatric Traumatology and Orthopedics named after G.I. Turner,
Saint Petersburg, Russian Federation

Method of Selecting Surgical Treatment for Children with Congenital Deformity of the Spine and Thorax

Introduction. Spinal anomalies are considered to be the most severe pathology of the axial skeleton. Intrauterine formation of deformity with its subsequent progression during growth is the reason for the need for surgical intervention. The prevalence of patients with congenital scoliosis in the total structure of spinal deformities is up to 2%. In terms of the malignancy of the course of the disease, children with unsegmented rod and rib synostosis represent one of the most unfavorable groups of patients. **Aim.** To perform a comparative analysis of the results of surgical treatment of children with congenital scoliosis with unilateral lateral vertebral segmentation disorder and rib synostosis using different techniques. **Methods.** The work is a monocenter cohort study of “case-control” type (III level of evidence). The design of the work is a monocenter cohort retro and prospective study. The results of surgical treatment of patients between 2010 and 2020 were analyzed. The study included 45 patients aged 3 to 7 years with the diagnosis of congenital scoliosis with unilateral lateral segmentation disorder of vertebral bodies and rib synostosis. The patients were divided into 2 groups depending on the surgical treatment method applied. In the first group ($n = 24$), patients underwent thoracoplasty with implantation of an individual rib/rib/vertebral distractor; in the second group ($n = 21$), patients underwent spinal surgery in the scope of vertebroplasty at the apex of the curvature and correction of the deformity with a multifocal spinal system. The data of medical records, as well as MSCT, radiographs, and pulse oscillometry were included in the analysis of the results. **Results.** Me (median) of scoliosis before treatment in group 1 patients 58.5, $IQR = 19.75$; after treatment — $Me = 40.0$, $IQR = 20.0$. Me of kyphosis before surgery 22, $IQR = 4.5$; after surgery $Me = 26.0$, $IQR = 4.0$. In the second group, Me of scoliosis before treatment 58.0, $IQR = 3.0$; after treatment, $Me = 20.0$, $IQR = 6.0$. Me of kyphosis before surgery 22, $IQR = 2.0$; after surgery $Me 28.0$, $IQR = 4.0$. When comparing MSCT data, group 1 patients showed an increase in lung tissue volume by 21% of the initial lung volume, in group 2 the increase amounted to 27%. The analysis of external respiratory function indices demonstrates improvement of reactive component indices by 21.1%, frequency dependence of resistive component by 46.4%, resistive component by 50% in group 1 patients, in group 2 there is an improvement of reactive component indices by 21.1%, resistive component by 50.9% and frequency dependence of reactive component by 46.7%. **Conclusion.** Corrective intervention on the spine at an early age makes it possible to achieve effective correction of the deformity; similar changes are observed both in lung volume and functional state of the respiratory system due to the mediated correction of the thorax shape.

Keywords: spinal malformation, rib synostosis, orthopedics, vertebrology, children, pulse oscillometry, unsegmented rod

For citation: Vissarionov S.V., Asadulaev M.S., Shabunin A.S., Rodionova K.N., Orlova E.A., Novosad Y.A., Pershina P.A., Rybinskikh T.S. Method of Selecting Surgical Treatment for Children with Congenital Deformity of the Spine and Thorax. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2023;78(6):621–630. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn16017>

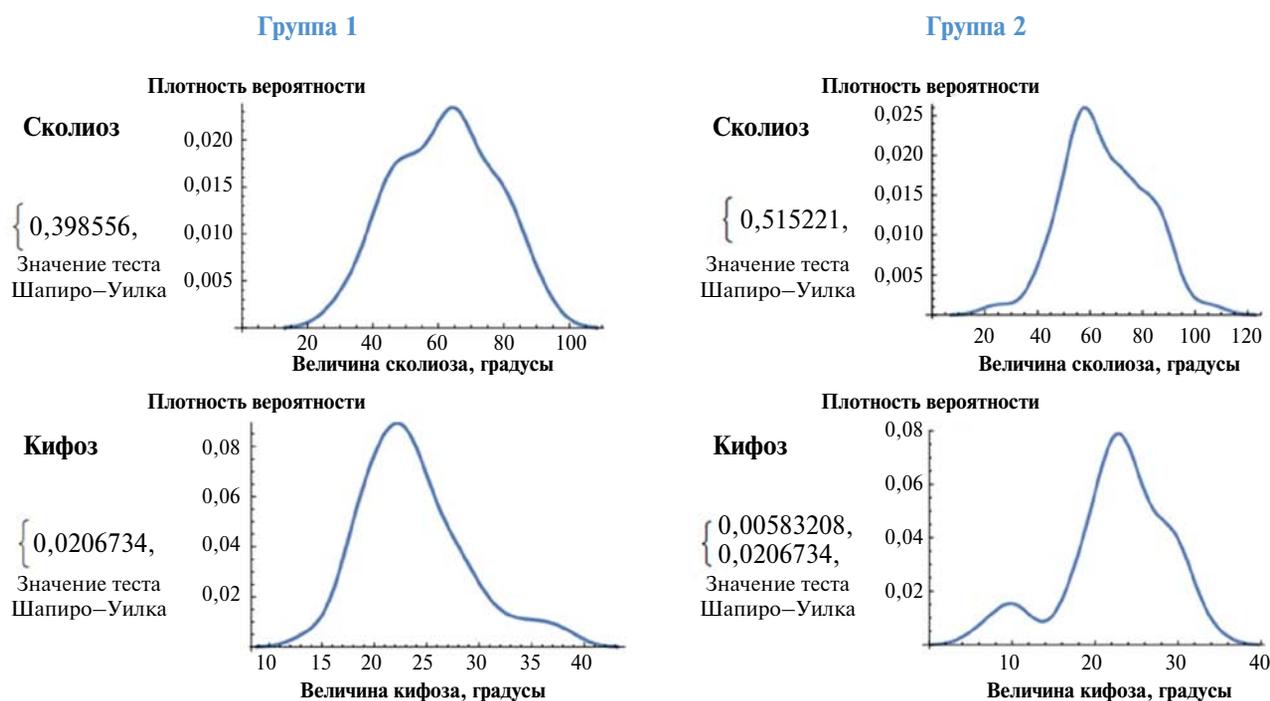


Рис. 1. Анализ нормальности распределений показателей сколиотического и кифотического компонентов деформации у пациентов обеих групп

ки дыхательной функции [5], однако для пациентов младшей возрастной группы в силу низкой комплаентности они неприменимы, в связи с чем нами для оценки динамики функционального состояния легких использовался метод импульсной осциллометрии. Валидация метода импульсной осциллометрии со стандартными методиками оценки функции внешнего дыхания отражена в работе О.С. Володич [16]. В ряде исследований у пациентов взрослого возраста отмечается, что для раннего послеоперационного периода характерно снижение показателя форсированной жизненной емкости легких [6, 11], в связи с чем функциональные результаты хирургического лечения оценивали через 6 мес после операции.

При статистической обработке полученных данных использовали непараметрические методы математической статистики. Наличие/отсутствие достоверных различий определяли с помощью критерия Манна–Уитни. Различия признавались достоверными при уровне двусторонней значимости $p < 0,05$. Статистическую обработку данных выполняли с помощью программного обеспечения Wolfram Mathematica 11.0 и GraphPad Prism 9.5.0.

Для написания раздела «Обсуждение» поиск литературных данных осуществляли в соответствующих базах, в том числе Science direct Pub Mede-library. При поиске данных использовали следующие ключевые слова: «порок позвоночника», «синостоз ребер», «VEPTR», «early onset spinal deformities», «импульсная осциллометрия», «несегментированный стержень». Глубина поиска составила 23 года. После исключения повторяющихся и «поглощающих» работ в анализ включено 23 публикации.

Результаты

Половой состав пациентов, включенных в работу, представлен детьми обоих полов, отмечалось преобладание девочек ($n = 25$) над мальчиками ($n = 20$).

Для пациентов первой группы локализация несегментированного стержня наиболее часто отмечалась на уровне позвонков от Th4 до Th11 (Me вершины деформации — позвонок Th7, $IQR=4$), у пациентов группы сравнения — от Th3 до Th10 (Me вершины деформации — позвонок Th6, $IQR=4,75$) (рис. 2). При проведении оценки протяженности несегментированного стержня в обеих группах выявлено отсутствие значимой разницы между показателями ($p < 0,05$).

Исходя из данных, представленных на рис. 2, можно сделать заключение, что среди пациентов основной группы и группы сравнения преобладали дети с локализацией несегментированного стержня в верхне- и нижнегрудном отделах позвоночника, а вершина дуги искривления приходилась на среднегрудной отдел.

При анализе результатов обследования пациентов первой группы установлено, что Me сколиоза до лечения составила 58,5; $IQR = 19,75$; после лечения — $Me = 40,0$; $IQR = 20,0$ (рис. 3). Me величины кифоза до операции на уровне порока развития составила 22; $IQR = 4,5$; после операции — $Me = 26,0$; $IQR = 4,0$ (см. рис. 3).

Анализ результатов обследования пациентов второй группы демонстрирует Me сколиоза до лечения 58,0; $IQR = 3,0$; после лечения — $Me = 20,0$; $IQR = 6,0$ (см. рис. 3). Me величины кифоза до операции на уровне порока развития была равна 22; $IQR = 2,0$; после операции $Me = 28,0$; $IQR = 4,0$ (см. рис. 3).

Сторона деформации у пациентов первой и второй групп в равной степени представлена как право-, так и левосторонними сколиотическими дугами.

При оценке данных КТ органов грудной клетки у пациентов первой группы отмечены различия в плотности легочной ткани, а также изменения рентгеновской плотности легочной паренхимы, обусловленные отставанием в росте легкого на стороне несегментированного стержня и реберного синостоза. У пациентов второй группы, включенных в исследование, в 5 наблюдениях имело место отсутствие изменений воздушности паренхимы

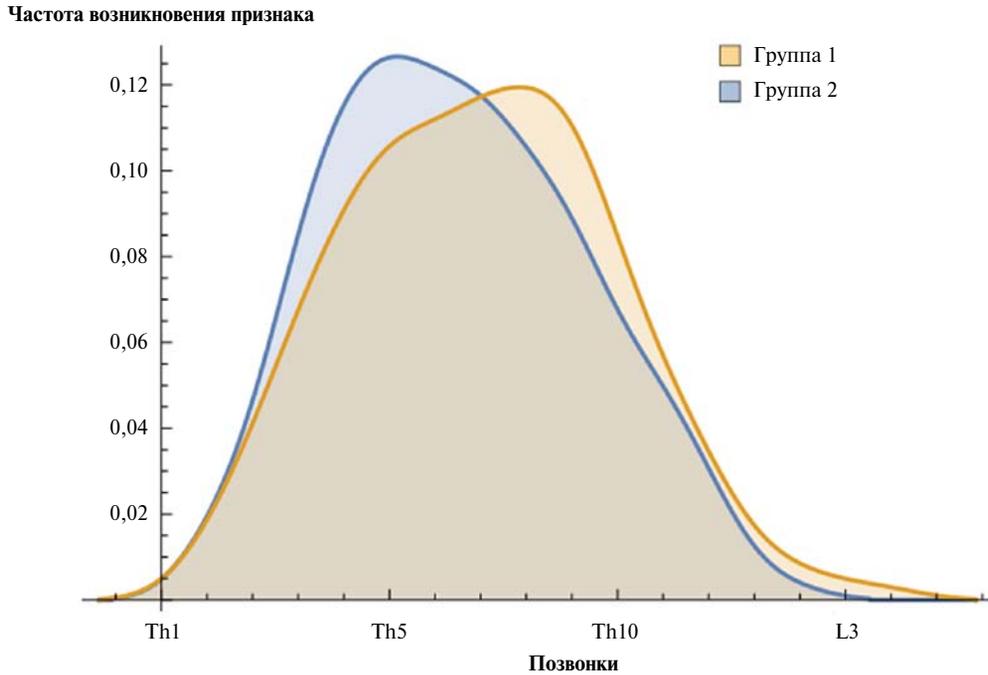


Рис. 2. Распределение локализации бокового нарушения сегментации позвонков у пациентов первой и второй групп

624

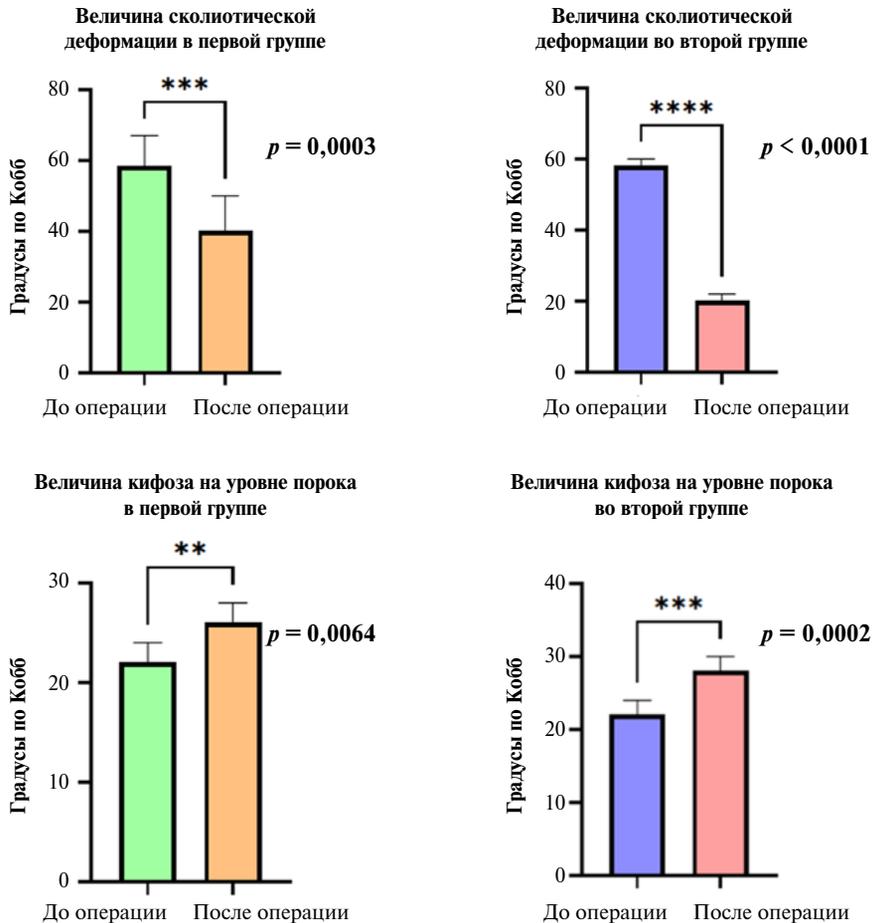


Рис. 3. Величины сколиотического и кифотического компонентов деформации до начала лечения и после операции у пациентов первой и второй групп

Примечание. Здесь и далее: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$; ns — отсутствие достоверных различий. Приведены рассчитанные в результате применения теста Манна–Уитни значения p -value.

Таблица 1. Показатели волюмометрии легких по данным МСКТ для пациентов обеих групп с показателями физиологической нормы до операции, см³ (*Me*; min–max)

Объем легких								
Общий			Правого			Левого		
Норма	I группа	II группа	Норма	I группа	II группа	Норма	I группа	II группа
689,0; 313,0–2180,0	798,6; 300,6–1185,7	718,4; 306,0–1322,3	379,0; 192,0–1218,0	419,95; 142,0–635,5	350,3; 167,2–622,1	310,0; 106,0–962,0	391,55; 158,6–600,4	398,8; 138,8–700,2

легких, в 3 случаях величина нарушения пневматизации легочной ткани составила около 20–35% общего объема легкого. Полученные в ходе исследования показатели КТ-волюмометрии для пациентов первой и второй групп до операции сравнивали с показателями физиологической нормы, описанными Emine Caliskan и Mehmet Ozturk в 2019 г. (табл. 1) [17].

При сравнении показателей МСКТ легких в предоперационном периоде выявили отсутствие значимых различий между группами ($p > 0,05$), что делает корректным сравнение показателей в динамике и позволяет получить достоверную оценку влияния хирургического метода лечения (рис. 4).

При сравнении результатов данных МСКТ легких (см. рис. 4) выявлено, что в первой группе *Me* общего объема легочной ткани после хирургического вмешательства составила 930,8 см³; *IQR* — 241,63; а во второй группе — *Me* = 919,4 см³; *IQR* — 425,7. При сравнении результатов у пациентов первой группы отмечалось увеличение объема легочной ткани через 6 мес после лечения на 21% исходного объема легких, тогда как у пациентов второй группы увеличение объема составило 27% ($p < 0,05$).

Анализ функциональных результатов импульсной осциллометрии у пациентов первой группы показывает значение *Me* резистивного компонента 1,28; *IQR* — 0,24; *Me* реактивного компонента — 0,28; *IQR* — 0,13; *Me* частотной зависимости резистивного компонента — 0,24; *IQR* — 0,05. Значение функциональных показателей у пациентов второй группы в случае резистивного компонента *Me* — 1,29; *IQR* — 0,23; реактивного компонента *Me* — 0,29; *IQR* — 0,04; частотная зависимость резистивного компонента *Me* — 0,22; *IQR* — 0,03. При анализе изменений показателей в динамике отмечалось, что в первой группе резистивный компонент улучшился на 21,1%, реактивный — на 46,4%, а частотная зависимость резистивного компонента — на 50%. При этом во второй группе исследования отмечались схожие изменения, а именно улучшение показателей реактивного компонента на 21,1%, резистивного компонента — на 50,9% и частотной зависимости реактивного компонента — на 46,7% (рис. 5).

Следующим этапом работы был поиск корреляционных связей между полученными результатами в до- и послеоперационном периодах. Корреляционная зависимость определялась с помощью подсчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена (табл. 2, 3).

Корреляционная зависимость в обеих группах наблюдалась между одинаковыми парами параметров: общим объемом легких и объемами правого и левого легкого соответственно; объемом правого и левого легкого (что может объясняться компенсаторными механизмами); величиной частотной зависимости резистивного ком-

понента и резистивным и реактивным компонентами соответственно (см. табл. 2, 3). Кроме того, необходимо отметить, что в первой группе корреляция была выявлена между величиной сколиоза и общим объемом легких, а во второй группе — между величиной сколиоза и реактивным компонентом.

Анализ осложнений хирургического лечения выявил, что у пациентов первой группы в 3 случаях была отмечена дестабилизация металлоконструкции при ростовом скачке и активном наборе детьми массы тела (рис. 6). У пациентов второй группы данный характер осложнений не отмечался.

У одного пациента первой группы и у двух пациентов второй группы отмечались явления транзиторного неврологического дефицита, проявляющиеся снижением силы верхних конечностей на стороне установки реберно-реберного дистрактора в первой группе и на стороне выполнения клиновидной остеотомии во второй группе, а также развитием синдрома Горнера. Развитие осложнений отмечалось в раннем послеоперационном периоде в случае локализации одностороннего бокового нарушения сегментации позвонков на уровне Th2–Th5, на фоне консервативного лечения отмечался регресс неврологической симптоматики к 14-м сут послеоперационного периода у всех пациентов.

Обсуждение

На сегодняшний день концепция лечения «growth friendly» является целевой для пациентов с врожденным сколиозом, сопровождающимся синостозом ребер [18, 19]. Ранний сколиоз — основная причина быстро прогрессирующей дыхательной недостаточности вследствие потери подвижности грудной клетки в комплексе с позвонками и ребрами [4, 20], в связи с чем необходимо прогнозировать возможные осложнения и пытаться профилактировать их [4, 21]. Применение реберно-реберных/реберно-позвоночных дистракторов позволяет сохранить рост позвоночника [3, 9, 18], вместе с тем опосредованно исправляя деформацию позвоночника во фронтальной плоскости [8, 9].

В течение первых 5 лет жизни отмечается наиболее активный рост позвоночника [22, 23], исходя из чего анализ результатов лечения выполняли у пациентов в возрасте от 3 до 7 лет.

У пациентов первой группы в нашем исследовании при локализации одностороннего бокового нарушения сегментации позвонков в грудном отделе позвоночника на фоне сопутствующего синостоза ребер выполняли расширяющую торакопластику с остеотомией реберного синостоза и постановкой реберно-реберного дистрактора. В случае локализации одностороннего бокового наруше-

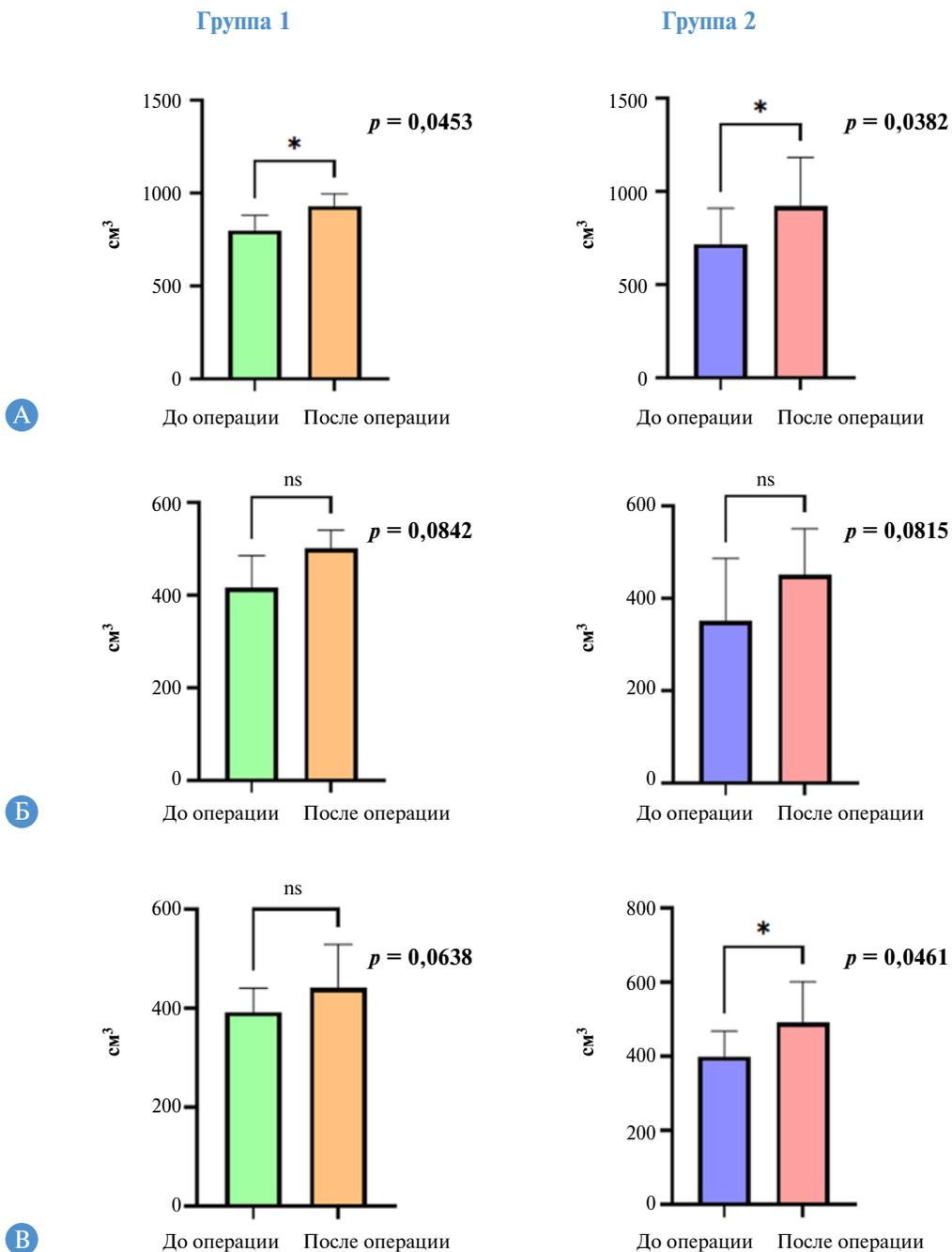


Рис. 4. Объемные значения легких для пациентов первой и второй групп на основании данных МСКТ волюмометрии: А — общий объем легких; Б — объем правого легкого; В — объем левого легкого

ния сегментации позвонков и синостоза ребер в нижнегрудном отделе позвоночника и зоне груднопоясничного перехода проводили коррекцию деформации грудной клетки и позвоночника путем установки реберно-позвоночной металлоконструкции.

В литературе отмечается, что до 19% пациентов с врожденными аномалиями позвоночника имеют соответствующие аномалии ребер или грудной клетки [10]. Кроме того, эти аномалии ребер с большей вероятностью возникают на вогнутой части грудной клетки, что потенциально ведет к уменьшению общего пространства, доступного для развития легких [15, 19].

В нашем исследовании мы стремились провести сравнительный анализ результатов лечения пациентов с ги-

потезой о том, что в случае выполнения расширяющей торакопластики с имплантацией реберного дистрактора будет наблюдаться значимое функциональное улучшение дыхательной функции в сравнении с группой пациентов, которым будет выполняться клиновидная остеотомия позвоночника на вершине деформации с имплантацией спинальной металлоконструкции. Следует отметить, что оценка легочной функции, данные о качестве жизни, объем грудной клетки или полные данные о пространстве для роста и развития о легких не доступны для этой когорты пациентов. Полученные нами результаты свидетельствуют, что раннее выполнение клиновидной вертебротомии на вершине деформации с установкой многоопорной корригирующей системы обеспечивает лучшую

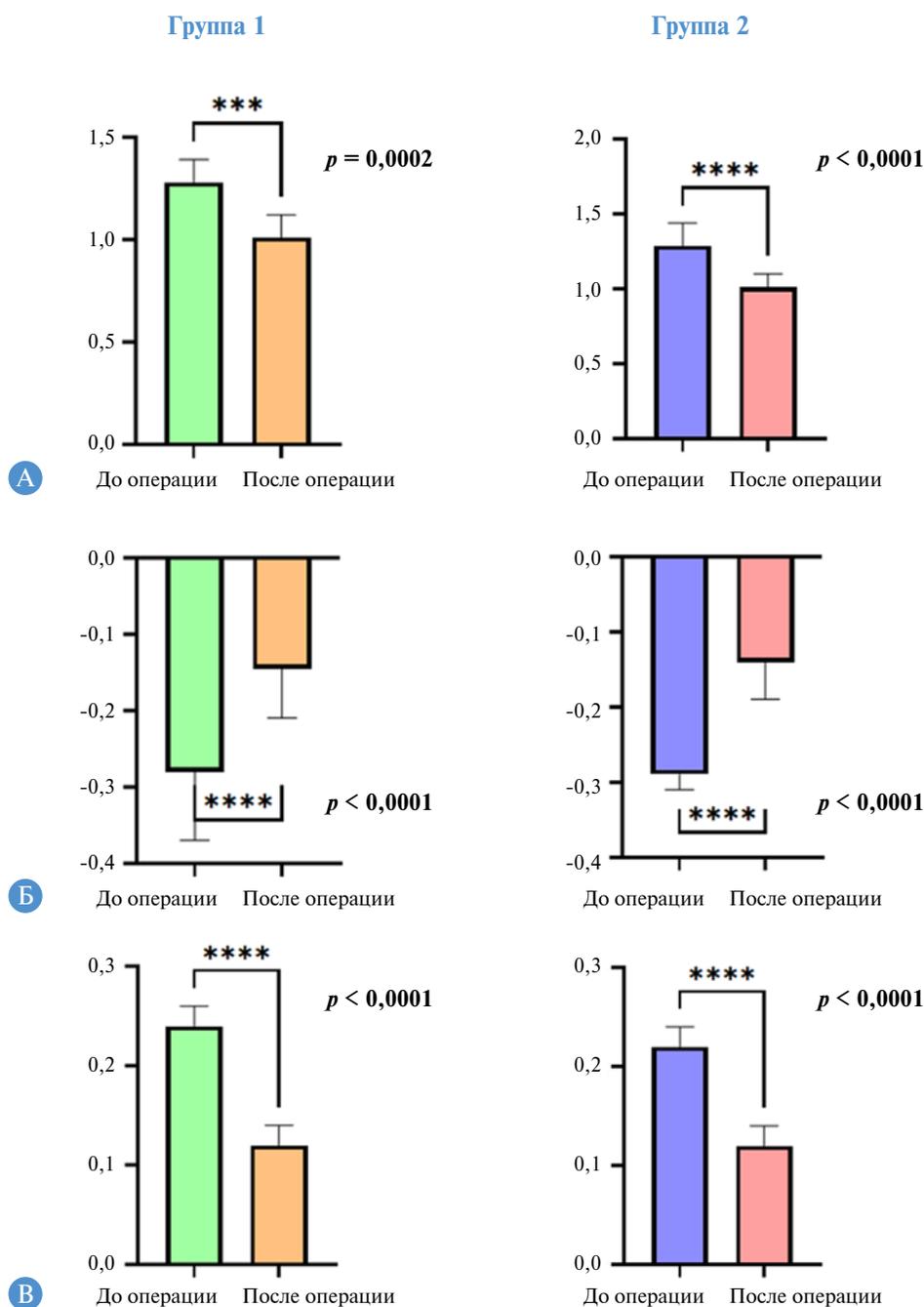


Рис. 5. Динамика показателей импульсной осцилометрии в процессе хирургического лечения у пациентов первой и второй групп: А — резистивный компонент; Б — реактивный компонент; В — частотная зависимость резистивного компонента

коррекцию деформации позвоночника в сагитальной и фронтальной плоскостях, вместе с тем показывает схожие результаты в контексте изменения функции внешнего дыхания.

В ряде работ отмечается кифозирующий эффект реберных имплантатов [10, 18, 20], однако в нашем случае данного осложнения не наблюдалось. Кроме того, существуют потенциальные осложнения, уникальные для установки реберно-реберных/реберно-позвоночных дистракторов, такие как повреждение плечевого сплетения [13]. В нашей работе данный тип осложнений также не наблюдался.

В работах указывается, что у пациентов, получавших лечение с применением растущих стержней, в финале хи-

рургического лечения отмечался лучший результат в плане остаточной величины деформации в сравнении с когортой пациентов, у которых использовались исключительно реберные дистракторы. По нашему мнению, применение реберных дистракторов обосновано лишь при наличии функциональных изменений со стороны легких.

Ограничения исследования

Ограничением нашего исследования является то, что часть пациентов, включенных в исследование, ретроспективна. Также ограничением работы выступает моноцентровой характер исследования. Ограниченность

Таблица 2. Анализ корреляции пациентов первой группы

Первая группа	Сколиоз	Общий объем легких	Объем правого легкого	Объем левого легкого	Резистивный компонент	Реактивный компонент	Частотная зависимость резистивного компонента
Сколиоз	1	0,4166	0,3562	0,3359	0,07390	-0,1454	0,2551
Общий объем легких	0,4166	1	0,9347	0,8719	0,06462	-0,2161	0,3555
Объем правого легкого	0,3562	0,9347	1	0,6773	-0,009172	-0,04419	0,2707
Объем левого легкого	0,3359	0,8719	0,6773	1	0,08315	-0,4368	0,4275
Резистивный компонент	0,07390	0,06462	-0,009172	0,08315	1	0,08315	-0,4406
Реактивный компонент	-0,1454	-0,2161	-0,04419	-0,4368	0,08315	1	-0,5690
Частотная зависимость резистивного компонента	0,2551	0,3555	0,2707	0,4275	-0,4406	-0,5690	1

Примечание. Цветом отмечены коэффициенты корреляции, для которых уровень значимости p оказался меньше 0,05. Следовательно, соответствующая пара параметров связана положительно/отрицательно корреляционной зависимостью.

Таблица 3. Анализ корреляции пациентов второй группы

Вторая группа	Сколиоз	Общий объем легких	Объем правого легкого	Объем левого легкого	Резистивный компонент	Реактивный компонент	Частотная зависимость резистивного компонента
Сколиоз	1	0,02816	0,1565	-0,08186	0,05343	-0,4834	0,08904
Общий объем легких	0,02816	1	0,9286	0,9169	0,2002	-0,1300	0,1510
Объем правого легкого	0,1565	0,9286	1	0,7377	0,1898	-0,1176	0,09387
Объем левого легкого	-0,08186	0,9169	0,7377	1	0,2223	-0,1777	0,06105
Резистивный компонент	0,05343	0,2002	0,1898	0,2223	1	0,06311	-0,1653
Реактивный компонент	-0,4834	-0,1300	-0,1176	-0,1777	0,06311	1	-0,4904
Частотная зависимость резистивного компонента	0,08904	0,1510	0,09387	0,06105	-0,1653	-0,4904	1

Примечание. Цветом отмечены коэффициенты корреляции, для которых уровень значимости p оказался меньше 0,05. Следовательно, соответствующая пара параметров связана положительно/отрицательно корреляционной зависимостью.

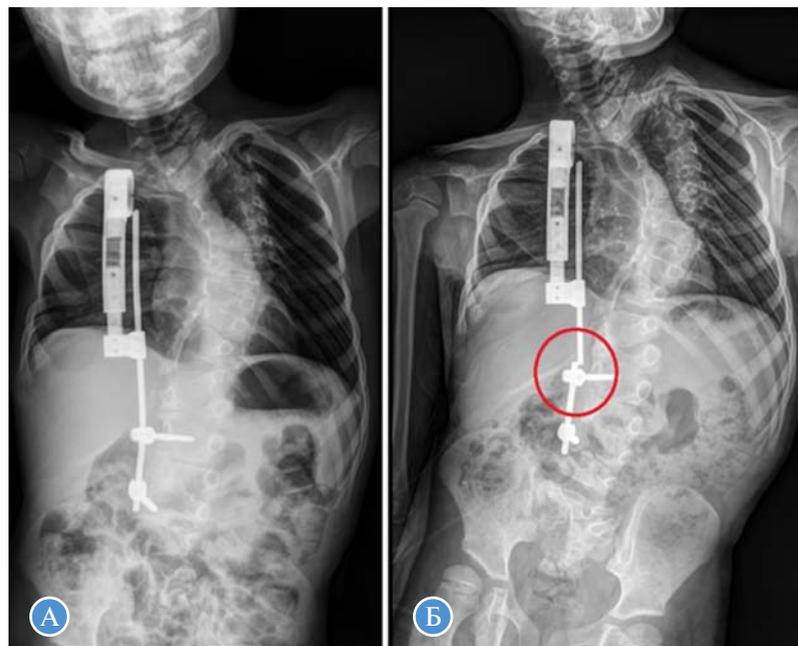


Рис. 6. Пациент Ф., 6 лет. Диагноз «врожденный сколиоз». А — прослеживается реберно-позвоночный дистрактор, положение правильное, корректное; Б — через 2,5 мес. после выписки, на снимке обозначена область перелома стержня металлоконструкции

выборки пациентов влияет на применяемые методы статистического анализа. Дальнейшие исследования с накоплением материала позволят представить более убедительные данные в будущем.

Заключение

Выполнение корригирующего вмешательства на позвоночнике в раннем возрасте позволяет добиться эффективной коррекции деформации за одну операцию. При этом необходимо подчеркнуть, что отмечаются схожие изменения в группе пациентов с использованием «растущих» систем как со стороны объема легких, так и со стороны функционального состояния дыхательной системы за счет опосредованной коррекции формы грудной клетки. Таким образом, у пациентов младшей возрастной группы с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне одностороннего нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков и синостоза ребер при отсутствии дыхательных нарушений можно выполнять корригирующие вертебротомии на вершине искривления с одномоментным исправлением деформации спинальной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kostuik JP. The history of spinal deformity. *Spine Deform.* 2015;3(5):417–425. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2015.07.003>
2. Abdelaal A, Munigangaiah S, Davidson N, et al. Early-onset scoliosis: challenges and current management options. *Children's Orthopedics.* 2020;34(6):390398. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2020.09.009>
3. Zaki M, Choudhury B, Tsirikos AI, et al. Early-onset scoliosis: clinical presentation, assessment and treatment options. *Orthopedics and Trauma.* 2017;31(6):357364. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2017.09.006>
4. Ahmad AA. Early onset scoliosis and current treatment methods. *J Clin Orthop Trauma.* 2020;11(2):184190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2019.12.011>
5. 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(1):152157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2018.05.011>
6. Виссарионов С.В., Асадулаев М.С., Хардииков 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. — № 4. — С. 417–426. [Vissarionov SV, Asadulaev MS, Khardikov MA, et al. Spinal osteotomy for children with congenital scoliosis with unilateral unsegment-

Дополнительная информация

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания.

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

Этическая экспертиза. Исследование одобрено этическим комитетом (протокол № 20-3 от 20 ноября 2020 г.). У представителей пациентов было получено письменное согласие на обработку и публикацию персональных данных.

Участие авторов. С.В. Виссарионов — разработка дизайна исследования, хирургическое лечение пациентов; М.С. Асадулаев — написание всех разделов работы, хирургическое лечение пациентов; А.С. Шабунин — поиск литературы, анализ результатов обследования; К.Н. Родионова — статистический анализ полученных результатов, написание раздела «Обсуждение», поиск и анализ литературных данных; Е.А. Орлова — исследование функции внешнего дыхания; Ю.А. Новосад — статистический анализ полученных результатов; П.А. Першина — составление базы пациентов, перевод раздела «Введение» на английский язык; Т.С. Рыбинских — поиск и анализ литературных данных, написание раздела «Обсуждение».

- ed bar: Preliminary results. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2021;9(4):417–426. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.17816/PTORS77239>
7. Schlosser TP, Kruyt MC, Tsiirikos AI. Surgical management of early-onset scoliosis: indications and currently available techniques. *Orthopedics and Trauma*. 2021;35(6):336337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2021.09.004>
 8. Mayer O, Campbell R, Cahill P, et al. Thoracic Insufficiency Syndrome. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2016;46(3):72–97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2015.11.001>
 9. El-Hawary R, Morash K, Kadhim M, et al. VEPTR Treatment of Early Onset Scoliosis in Children Without Rib Abnormalities: Long-term Results of a Prospective, Multicenter Study. *J. Pediatr. Orthop.* 2020;40(6):406–412. doi: <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001454>
 10. Campbell RM, Adcox BM, Smith MD, et al. The effect of mid-thoracic VEPTR opening wedge thoracostomy on cervical tilt associated with congenital thoracic scoliosis in patients with thoracic insufficiency syndrome. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(20):21712177. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31814b2d6c>
 11. Olson JC, Kurek KC, Mehta HP, et al. Expansion thoracoplasty affects lung growth and morphology in a rabbit model: A pilot study. *Cl Orthop. Relat.* 2011;469(5):1375–1382. doi: <https://doi.org/10.1007/s11999-011-1807-0>
 12. Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю., Губин А.В. Врожденные деформации позвоночника у детей: прогноз эпидемиологии и тактика ведения // *Хирургия позвоночника*. — 2009. — № 2. — С. 55–61. [Ulrikh EV, Mushkin AYu, Gubin AV. Congenital spine deformities in children: epidemiological prognosis and management. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2009;2:55–61. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14531/ss2009.2.55-61>
 13. Capraro A, Campbell R, Hartman D, et al. Wound complication risk stratification in VEPTR surgery. *Spine Deformity*. 2016;4(6):446–447. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2016.09.017>
 14. Smith J, Heflin J, Vitale M, et al. Mortality and Causes of Death in Patients Requiring VEPTR Surgery. *Global Spine Journal*. 2016;6(1suppl):s-0036-1582989-s-0036-1582989. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0036-1582989>
 15. Виссарионов С.В., Асадулаев М.С., Орлова Е.А., и др. Оценка эффективности лечения детей с врожденным сколиозом при несегментированном стержне и синостозе ребер // *Ортоне-дия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. — 2022. — Т. 10. — № 3. — С. 211–221. [Vissarionov SV, Asadulaev MS, Orlova EA, et al. 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. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.17816/PTORS109182>
 16. Володич О.С. Импульсная осциллометрия в комплексной диагностике вентиляционных нарушений у больных туберкулезом легких: дис. канд. мед. наук. — СПб., 2021. — 163 с. [Volodich OS. Pulse oscillometry in the complex diagnostics of the respiratory tract in patients with pulmonary tuberculosis: PHD thesis. St. Petersburg; 2021. 163 p. (In Russ.)]
 17. Ozdemir A. Predictive value of serum neutrophil-to-lymphocyte ratio in bronchopulmonary dysplasia: A retrospective observational study. *Ann Med Res*. 2018;25(4):512–517. doi: <https://doi.org/10.5455/annalsmedres.2018.07.134>
 18. Akesen B, Ulusaloglu AC, Atici T, et al. Magnetically controlled growing rod in 13 patients with early-onset scoliosis and spinal improvement. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2018;52(6):438–441. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aott.2017.12.004>
 19. Wijdicks SPJ, Tromp IN, Yazici M, et al. A comparison of growth among growth-friendly systems for scoliosis: a systematic review. *Spine J*. 2019;19(5):789–799. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.08.017>
 20. Konieczny MR, Ehrlich AK, Krauspe R. Vertical expandable prosthetic titanium ribs (VEPTR) in early-onset scoliosis: impact on thoracic compliance and sagittal balance. *J Child. Orthop*. 2017;11(1):42–48. doi: <https://doi.org/10.1302/1863-2548-11-160222>
 21. Wang Y, Yang F, Wang D, et al. Correlation analysis between the pulmonary function test and the radiological parameters of the main right thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis. *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1):443. doi: <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1451-z>
 22. 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: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.02.117>
 23. Rong T, Shen J, Wang Y, et al. The Effect of Traditional Single Growing Rod Technique on the Growth of Unsegmented Levels in Mixed-Type Congenital Scoliosis. *Global Spine J*. 2022;12(5):922–930. doi: <https://doi.org/10.1177/2192568220972080>

630

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Асадулаев Марат Сергеевич, к.м.н. [*Marat S. Asadulaev*, MD, PhD]; адрес: 196603, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68 [address: 64–68 Parkovaya str., 196603, Pushkin, Saint Petersburg, Russia]; e-mail: marat.asadulaev@yandex.ru, SPIN-код: 3336-8996, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1768-2402>

Виссарионов Сергей Валентинович, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН [*Sergey V. Vissarionov*, MD, PhD, Professor, Corresponding Member of the RAS]; e-mail: vissarionovs@gmail.com; SPIN-код: 7125-4930, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>

Шабунин Антон Сергеевич [*Anton S. Shabunin*]; e-mail: anton-shab@yandex.ru, SPIN-код: 1260-5644, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8883-0580>

Родионова Кристина Николаевна [*Kristina N. Rodionova*]; e-mail: rkn0306@mail.ru, SPIN-код: 4627-3979, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6187-2097>

Орлова Елена Антоновна, к.м.н. [*Elena A. Orlova*, MD, PhD]; e-mail: eaorlova@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3128-980X>

Новосад Юрий Алексеевич [*Yury A. Novosad*]; e-mail: novosad.yur@yandex.ru, SPIN-код: 3001-1467, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6150-374X>

Першина Полина Андреевна [*Polina A. Pershina*]; e-mail: polinaiva2772@gmail.com, SPIN-код: 2484-9463, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5665-3009>

Рыбинских Тимофей Сергеевич [*Timofey S. Rybinskikh*]; e-mail: timofey1999r@gmail.com, SPIN-код: 7739-4321, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4180-5353>