



ТРЕХКОЛОННЫЕ ВЕРТЕБРОТОМИИ ВНЕ АПИКАЛЬНОЙ ЗОНЫ КАК СПОСОБ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ШЕЙНО-ГРУДНОГО ПЕРЕХОДА: АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКОЙ СЕРИИ И ДАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ

С.О. Рябых, Е.Ю. Филатов, Д.М. Савин

РНИЦ «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

Цель исследования. Ретроспективный анализ ранних результатов лечения пациентов с аномалиями формирования и сегментации позвонков шейного и верхнегрудного отделов позвоночника. Уровень доказательности — IV.

Материал и методы. Ретроспективная моноцентровая серия из 8 пациентов 2–15 лет. Критерии включения: возраст детей к моменту операции менее 15 лет, деформация во фронтальной плоскости, использование трехколонных остеотомий, полный лучевой архив.

Результаты. В серии преобладали пациенты со множественными аномалиями развития с ведущим компонентом порока — нарушением сегментации и формирования позвонков. Нарушений сагиттального баланса не отмечено. Величина сколиотической дуги по Cobb до операции от 30 до 66° (средняя величина — 46,1°), с нарушением фронтального баланса у 6 (75 %) пациентов. После операции остаточные величины сколиоза были от 3 до 34° (средняя величина — 15,3°), во всех случаях фронтальный баланс восстановлен. Коррекция дуги в пределах 49–90 %. Неврологический статус пациентов клинически оценен нормальным, отклонения от нормы незначительны и зафиксированы только по данным ЭНМГ.

Заключение. Вертебротомия вне апикальной зоны у детей со множественными аномалиями развития позвонков шейного и верхнегрудного отделов позвоночника позволяет выполнить адекватную коррекцию деформации с восстановлением баланса позвоночника, минимизировать риск неврологических осложнений за счет ведущего компрессионного маневра коррекции. Это сокращает зону инструментальной фиксации, что важно для сохранения осевого роста.

Ключевые слова: шейно-грудной переход, деформации, врожденный сколиоз, остеотомия позвоночника, баланс, аномалии развития позвоночника.

Для цитирования: Рябых С.О., Филатов Е.Ю., Савин Д.М. Трехколонные вертебротомии вне апикальной зоны как способ коррекции деформаций шейно-грудного перехода: анализ клинической серии и данных литературы // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14. № 3. С. 15–22.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.3.15-22>.

THREE COLUMN VERTEBRECTOMY OUTSIDE THE APICAL ZONE AS A METHOD FOR CORRECTION OF CERVICOTHORACIC JUNCTION DEFORMITIES: ANALYSIS OF CLINICAL SERIES AND LITERATURE DATA

S.O. Ryabykh, E.Yu. Filatov, D.M. Savin

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia

Objective. To perform a retrospective analysis of early treatment results in patients with malformation and malsegmentation of vertebrae in the cervical and upper thoracic spine. Level of evidence — IV. **Material and Methods.** The study included retrospective monocentre series of 8 patients aged 2–15 years. Inclusion criteria were: age at the time of surgery less than 15 years, deformity in the frontal plane, performed three-column osteotomies, and presence of full X-ray history. **Results.** Patients with multiple developmental abnormalities including vertebral malsegmentation and malformation as leading components prevailed in a series. Violations of the sagittal balance were not noted. Preoperative magnitude of the scoliotic curve ranged from 30° to 66° (mean value — 46.1°) according to Cobb, with a frontal imbalance in 6 (75 %) patients. After surgery, residual scoliosis magnitudes were from 3° to 34° (mean value — 15.3°), the frontal balance was restored in all cases. The amount of correction ranged from 49 to 90 % (mean 69.4 %). Neurological status of patients was clinically normal, deviations from the norm were insignificant and recorded only based on ENMG data. **Conclusion.** The use of vertebrectomy outside the apical zone in children with multiple vertebral malformations in the cervical and upper thoracic spine allows an adequate deformity correction with restoration of the spine balance, and minimizing the risk of neurological complications due to the leading compression maneuver of correction. This reduces the area of instrumental fixation, which is important for maintaining axial growth.

Key Words: cervicothoracic junction, spine deformity, congenital scoliosis, spine osteotomy, balance, spine malformations.

Please cite this paper as: Ryabykh SO, Filatov EYu, Savin DM. Three column vertebrectomy outside the apical zone as a method for correction of cervicothoracic junction deformities: analysis of clinical series and literature data. *Hir. Pozvonoc.* 2017;14(3):15–22. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.3.15-22>.

Своеобразные анатомия и биомеханика высокомобильного шейно-грудного отдела позвоночника объясняют особый интерес к хирургическим вмешательствам в этой зоне [10, 23, 33, 41, 46]. В литературе отражен опыт лечения взрослых пациентов с синдромами Ларсена [31, 38], Гольденхара [49], нейрофиброматозом [56], анкилозирующим спондилитом [13, 44, 51], переломами позвонков [5, 9, 14, 16, 20, 46], опухолевыми процессами [10] и смежными проксимальными кифозами (РЖК) [1, 35, 36]. Редкие публикации касаются врожденной патологии исследуемой зоны [2, 3, 37], при этом основную долю представляют работы по кривошее на фоне синдрома Клиппеля – Фейля [27, 28] или прогностически неблагоприятного сочетания полупозвонков с контрлатеральным блокированием [15, 22, 27, 36, 40, 41, 48].

При хирургическом лечении такой патологии применяют различные методы:

1) экстирпацию позвонка без фиксации [21];

2) переднюю и (или) заднюю инструментальную фиксацию [7, 9, 12, 14, 16, 19, 20, 24–26];

3) заднюю инструментальную фиксацию в сочетании с костно-пластическим спондилодезом [11, 12, 22, 29, 35, 50, 53, 54, 55];

4) передние вертебротомии, корпорэктомии, релизы с замещением дефекта различными имплантатами и задней инструментальной фиксации [8, 10, 39, 44];

5) задние вертебротомии с инструментальной фиксацией [6, 36].

Разнообразие хирургических методов может объясняться неудовлетворенностью результатами применения каждой из них. Указанные разночтения мотивировали авторов проанализировать собственную серию клинических случаев и представить свой вариант лечения пациентов с врожденным сколиозом на фоне аномалий формирования и сегментации позвонков зоны шейно-грудного перехода.

Цель исследования – ретроспективный анализ ранних результатов лече-

ния пациентов с аномалиями формирования и сегментации позвонков шейного и верхнегрудного отделов позвоночника.

Поиск источников проводили по базам данных «PubMed» (NCBI), «e-Library», «Google scholar». Ключевые слова поиска: cervical thoracic deformity, cervical thoracic area, osteotomy is abnormality zone spine deformity, cervicothoracic deformation, cervicothoracic spine, cervicothoracic abnormalities и др. Поиск русскоязычных изданий осуществляли аналогичным образом.

Материал и методы

В ретроспективную моноцентровую когорту включены 8 детей 2–15 лет (средний возраст 8 лет), оперированных в 2014–2016 гг. в клинике патологии позвоночника и редких заболеваний РНЦ «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова по поводу врожденных сколиозов шейно-грудного отдела позвоночника. Отдаленные результаты прослежены в срок от 1 года до 2 лет 1 мес. Уровень доказательности – IV.

Критерии включения в исследование:

– возраст детей к моменту операции менее 15 лет;

– деформации во фронтальной плоскости;

– единство места выполнения операций;

– использование однотипной хирургической методики – трехколонной клиновидной вертебротомии, выполненной из дорсального доступа;

– полноценный лучевой архив.

Пациенты обследованы клинически, оценку неврологического статуса на этапах лечения проводили по шкале Frankel, лучевые исследования – в объеме КТ и МРТ, функциональные – в качестве диагностического скрининга (ЭНМГ) и интраоперационного нейромониторинга.

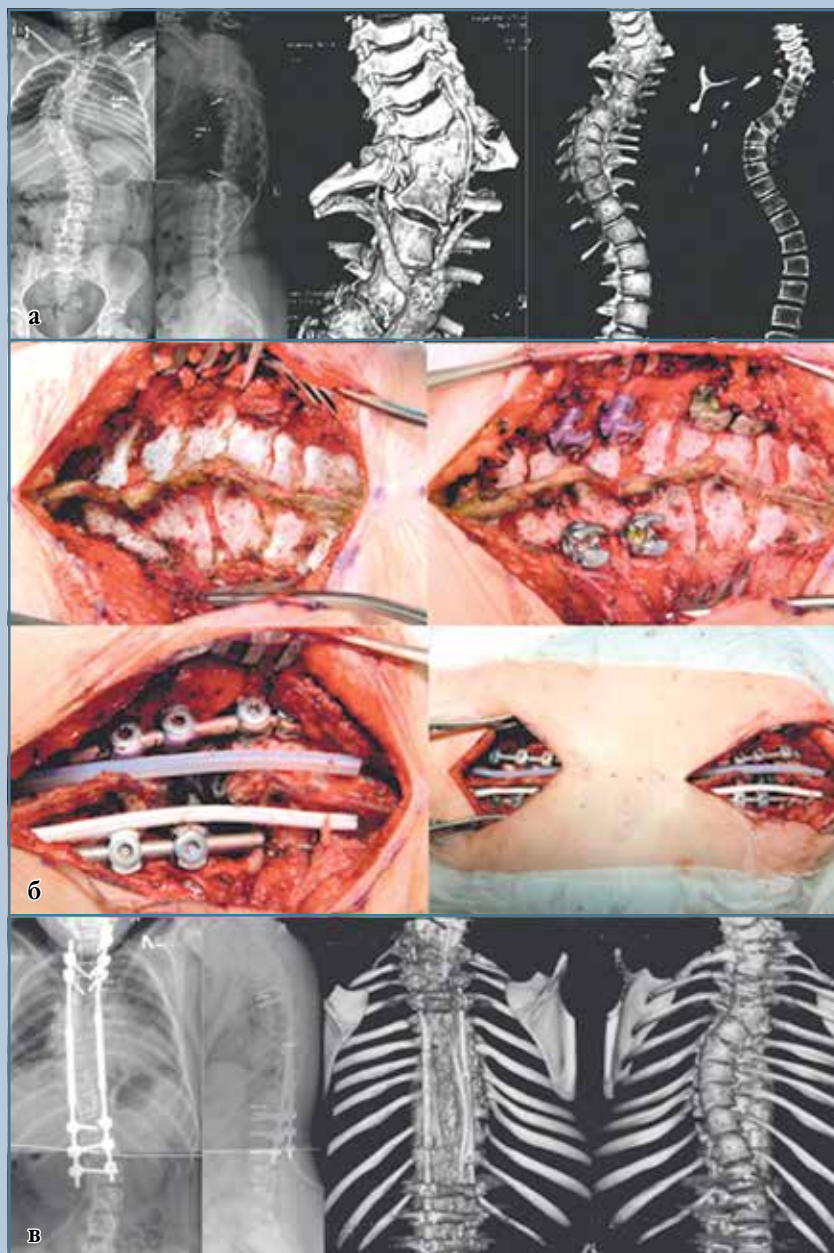
Предметом изучения явились тип порока, ведущий компонент порока при множественных аномалиях,

угол сколиотической деформации до и после операции, динамика неврологического статуса по шкале Frankel. Определение углов деформации проводили по Cobb с использованием программы «Surgimap».

При анализе результатов хирургического лечения исключили данные одной пациентки, у которой, по нашему мнению, реконструкция вершинной дуги не обеспечила бы достаточной коррекции, в связи с чем были использованы динамические конструкции, позволившие воздействовать на вторичные диспластические дуги грудного и поясничного отделов позвоночника (рис. 1).

Предоперационное планирование. По данным лучевого обследования определяли ведущий компонент порока по предложенной методике [3]. Функциональные методы, клиническая и параклиническая оценки пациента дополняли интегральную оценку состояния и риск оперативного вмешательства. Планирование зоны инструментации, выбор уровня и типа остеотомии позвоночника осуществляли с помощью программы «Surgimap». Важным фактором планирования была необходимость билатеральной транспедикулярной фиксации не менее двух краниальных позвонков над зоной остеотомии для формирования краниальной опорной базы для коррекции, надежной фиксации с созданием условий для спондилодеза. Уровень и количество опорных точек дистальной базы планировали в соответствии с уровнем дистального переходного позвонка, фронтальным дисбалансом с отклонением C_7 и позвонков дуги от центральной вертикальной линии крестца (CSVL), с оценкой сагиттального баланса по степени отклонения C_7 позвонка относительно задней крестцовой вертикальной линии – перпендикуляра, восстановленного из задневерхнего угла крестца на боковой спондилограмме (PSVL), и углу наклона Th_1 (slope).

Хирургическая техника. Оперативное вмешательство выполняли из дорсального билатерального досту-

**Рис. 1**

Пациентка 11 лет, с врожденным кифосколиозом, ведущий порок – нарушение формирования и сегментации позвонков C₇–Th₅; **а** – рентгенография и КТ до операции: S-образная комбинированная кифосколиотическая дуга C₆–Th₂ с вершиной на уровне полупозвонка C₇ (условно), сколиотический компонент – 47° по Cobb, локальный кифоз на уровне Th₃–Th₁₀ – 43°; грудная сколиотическая дуга Th₃–Th₁₁ с вершиной на уровне полупозвонка Th₅ – 45°; **б** – основные этапы оперативного вмешательства: асимметричная PSO на уровне Th₁, задняя инструментальная фиксация динамической системой TSRH, коррекция деформации; **в** – рентгенография и КТ после операции: угол сколиотической деформации – 5°/20°, коррекция – 90/69 %, угол кифотической деформации – 12°, коррекция – 78 %

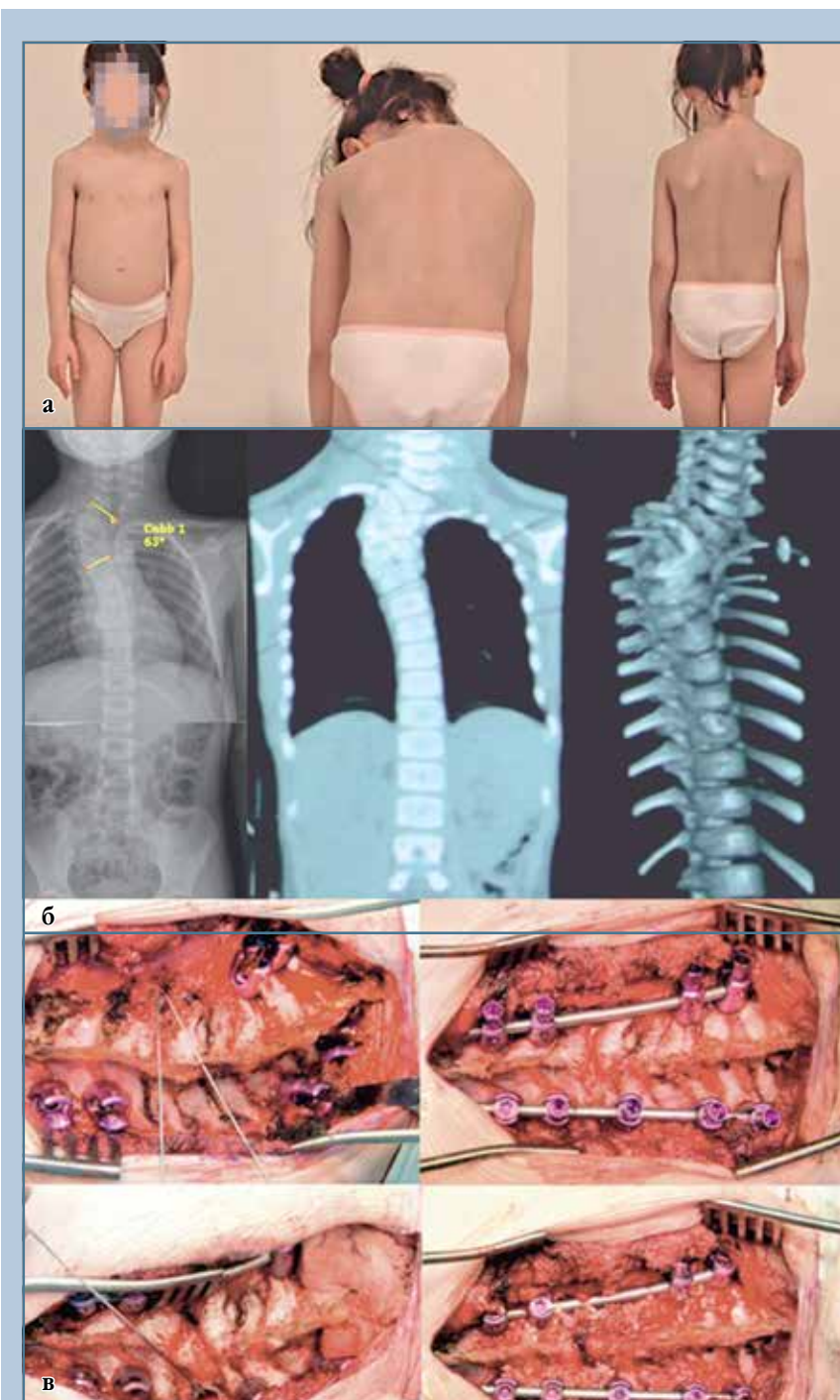
па. После обнажения задних структур устанавливали опорные точки и проводили ЭОП-контроль положения винтов, определяли зону вертебротомии согласно предоперационному планированию. Следующим этапом выполняли педикулярную трехколонную вертебротомию [4] по типу асимметричной PSO (III уровень по классификации Schwab), COWO (IV уровень по Schwab) или VCR (V уровень по Schwab) вне апикальной зоны у детей с множественными аномалиями развития позвонков шейного и верхнегрудного отделов позвоночника [18, 47], затем осуществляли монтаж металлоконструкции с коррекцией деформации компрессионным маневром на выпуклой стороне сколиотической дуги. Операцию завершали спондилодезом 360° аутокостью (рис. 2). Все манипуляции проводили под нейрофизиологическим контролем.

Объем кровопотери и время операции варьировали в зависимости от объема инструментации и соответствовали полученным данным при экстирпации полупозвонков грудного и поясничного отделов педикулярным доступом [6].

Результаты и их обсуждение

В серии клинических случаев преобладали множественные аномалии развития с ведущим компонентом порока нарушения сегментации ($n = 5$) и формирования позвонков ($n = 3$; табл. 1).

Нарушения локального или глобального баланса, отклонения C₇ относительно PSVL и Th₁ slope у пациентов не отмечено. Сагиттальный профиль находился в пределах нормы или локального гипокифоза в зоне порока у 4 (50 %) пациентов. Это служило аргументом для оценки сагиттального баланса в целом в шейно-грудном переходе позвоночника, который был сохранен у всех пациентов, до и после оперативного лечения. После оперативного лечения гипокифоз (12° по Cobb) у 1 пациента переведен в нормокифоз (28°), у 7 – остался на исходных уровнях.

**Рис. 2**

Пациентка 6 лет 9 мес., с врожденным сколиозом, ведущий порок – нарушение формирования и сегментации позвонков C_7 – Th_5 : **а** – до лечения; **б** – рентгенография и КТ до операции: врожденные аномалии позвоночника, боковые полупозвонки Th_1 – Th_3 и бабочковидный полупозвончок Th_4 , конкреценция задних отрезков ребер III–IV, V–VI слева, конкреценция позвонков Th_2 – Th_5 , С-образный сколиоз 63°; **в** – основные этапы оперативного вмешательства: асимметричная PSO с экстирпацией правой порции бабочковидного позвонка Th_4 , задняя инструментальная фиксация педиатрической системой, коррекция деформации, спондилодез 360°

Величина сколиотической дуги по Cobb до операции варьировала от 30 до 66° (средняя величина 46,1°), с нарушением фронтального баланса относительно линии CSVL у 6 (75 %) пациентов от 3 до 5 см. После операции остаточные величины сколиоза были от 3 до 34° (средняя величина 15,3°), однако во всех случаях после операции расположение C_7 позвонка оставалось на линии CSVL, позвонки основной дуги в зоне стабильности Harrington. Коррекция дуги находилась в пределах 49–90 % (среднее значение 69,4 %; табл. 1).

Неврологический статус пациентов в до- и послеоперационном периоде – тип E по Frankel, все отклонения от нормы незначительны и зафиксированы только по данным ЭНМГ, клинических изменений не отмечено.

Интраоперационный нейромониторинг проводили у 5 пациентов. Исходно у всех пациентов получены стабильные М-ответы. В процессе выполнения оперативного вмешательства ответы оставались стабильными у 2 пациентов, нестабильность ответов и умеренное их снижение – у 1, кратковременные субкритические изменения – у 1. Стойкое снижение М-ответов на момент окончания операции до 30 % от исходных значений сохранялось у 1 пациента, у остальных М-ответы восстановились до исходного уровня.

Особенностью выборки пациентов являлось расположение вершины деформации на уровне C_7 – Th_5 с вовлечением в основную структурную дугу позвонков шейного отдела. Предпочтение отдавали билатеральной транспедикулярной фиксации,

**Рис. 2 (окончание)**

Пациентка 6 лет 9 мес., с врожденным сколиозом, ведущий порок – нарушение формирования и сегментации позвонков C₇–Th₅;
г – рентгенография и КТ после операции: угол сколиотической деформации – 25°, коррекция – 72 %

Таблица

Результаты оперативного лечения

Пациент	Возраст	Тип ведущего сколиозогенного порока	Сколиотическая деформация, град.		Коррекция, %	Вершина деформации/уровень вертебротомии
			до операции	после операции		
1-й	7 лет	Боковой полупозвонок	39	13	67	Th ₃ /Th ₄
2-й	2 года	Боковой полупозвонок	66	34	49	Th ₂ /Th ₃
3-й	15 лет	Боковой полупозвонок	53	19	64	Th ₅ /Th ₆
4-й	5 лет 4 мес.	Множественные аномалии развития: ведущий порок — асимметричная форма нарушения сегментации	30	3	90	Th ₁ /Th ₂
5-й	6 лет 5 мес.	Альтернирующие полупозвонки	51	26	49	Th ₂ /Th ₃ и Th ₅
6-й	11 лет	Боковой полупозвонок	44	5	89	C ₇ /Th ₁
7-й	6 лет 9 мес.	Множественные аномалии развития: ведущий порок — асимметричная форма нарушения сегментации	47	10	79	Th ₃ /Th ₄
8-й	11 лет	Множественные аномалии развития: ведущий порок — асимметричная форма нарушения сегментации	39	12	69	Th ₁ /Th ₂ и Th ₃

в связи с формированием треугольника жесткости с возможностью посегментарной коррекции. Ключевым фактором планирования была необходимость установки транспедикулярных винтов в тела двух и более краниальных позвонков над зоной остеотомии для формирования краниальной опорной базы с целью коррекции, надежной фиксации и профилактики развития псевдоартроза.

В литературе крайне скудно анализируется баланс шейно-грудного отдела позвоночника. В основном оценивают два критерия: сагиттальный – угол наклона Th_1 [32, 42] и фронтальный – баланс плеч [17, 30, 34, 43, 45, 52]. Показатели баланса шейно-грудного отдела позвоночника на фоне пороков развития у детей в литературе не анализируются, поэтому в качестве основных критериев оценки фронтального баланса избрали отклонение позвонков дуги от линии CSVL, сагиттального – относительно линии PSVL и Th_1 slope. Это позволило спланировать тип трехколонной остеотомии и протяженность фиксации. Полная

коррекция деформации не всегда возможна, поэтому на первый план выходит не абсолютная коррекция локальной деформации, а реконструкция баланса шейно-грудного перехода с нормализацией указанных параметров. В связи с этим при локализации ведущего моносегментарного компонента порока в шейно-грудном переходе или при гипо-, аплазии дуг позвонков внеапикальная вертебротомия позволила во всех случаях выполнить коррекцию деформации позвоночника с восстановлением фронтального баланса, минимизировать зону инструментации, снизить риск неврологических осложнений за счет основного компрессионного маневра коррекции. Данное обстоятельство подтверждается картиной интраоперационного нейромониторинга, которая подчеркивает отсутствие критических отклонений в ходе операции.

Заключение

Ключевым критерием при хирургической коррекции пороков шейно-груд-

ного перехода является не абсолютная коррекция локальной деформации, а реконструкция локального баланса во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

Вертебротомия вне апиальной зоны у детей с множественными аномалиями развития позвонков шейного и верхнегрудного отделов позвоночника позволяет выполнить адекватную коррекцию деформации (в среднем на 69,4 %) с восстановлением баланса позвоночника, а также минимизировать риск неврологических осложнений. Это сокращает зону инструментальной фиксации по сравнению с классическими принципами фиксации сколиоза, что важно для сохранения осевого роста.

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

Литература/References

1. Михайловский М.В., Сергунин А.Ю. Проксимальные переходные кифозы – актуальная проблема современной вертебологии // Хирургия позвоночника. 2014. № 1. С. 11–23. [Mikhaylovskiy MV, Sergunin AYU. Proximal junctional kyphosis: a topical problem of modern spine surgery. Hir. Pozvonoc. 2014;(1):11–23. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2014.1.11-23>.
2. Рябых С.О., Ульрих Э.В., Губин А.В., Третьякова А.Н. Вариант нестабильного кифозогенного порока позвоночника // Хирургия позвоночника. 2014. № 1. С. 29–34. [Ryabykh SO, Ulrikh EV, Gubin AV, Tretjakova AN. Variant of unstable kyphogenic malformation. Hir. Pozvonoc. 2014;(1):29–34. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2014.1.29-34>.
3. Рябых С.О. Выбор хирургической тактики при врожденных деформациях позвоночника на фоне множественных пороков позвонков // Хирургия позвоночника. 2014. № 2. С. 21–28. [Ryabykh SO. The choice of surgical approach for congenital spinal deformity caused by multiple vertebral malformations. Hir. Pozvonoc. 2014;(2):21–28. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2014.2.21-28>.
4. Рябых С.О., Ульрих Э.В. Экстирпация полупозвонков у детей через корень дуги // Хирургия позвоночника. 2013. № 4. С. 30–35. [Ryabykh SO, Ulrikh EV. Transpedicular hemivertebra resection in children. Hir. Pozvonoc. 2013;(4):30–35. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2013.4.30-35>.
5. Рябых С.О., Хомченков М.В., Савин Д.М. Использование техники VCR при лечении последствий тяжелой позвоночно-спинномозговой травмы // Хирургия позвоночника. 2013. № 4. С. 13–16. [Ryabykh SO, Khomchenkov MV, Savin DM. Vertebral column resection technique to treat sequelae of severe spine and spinal cord injury. Hir. Pozvonoc. 2013;(4):13–16. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2013.4.13-16>.
6. Рябых С.О., Губин А.В., Савин Д.М., Филатов Е.Ю. Результаты резекции полупозвонков грудного и поясничного отделов дорсальным педикулярным доступом у детей // Гений ортопедии. 2015. № 4. С. 42–47. [Ryabykh SO, Gubin AV, Savin DM, Filatov EYU. The results of thoracic and lumbar hemivertebrae resection by a dorsal pedicular approach in children. Genii Ortopedii. 2015;(4):42–47. In Russian]. DOI: [10.18019/1028-4427-2015-4-42-47](http://dx.doi.org/10.18019/1028-4427-2015-4-42-47).
7. Abumi K, Kaneda K. Pedicle screw fixation for nontraumatic lesions of the cervical spine. Spine. 1997;22:1853–1863. DOI: [10.1097/00007632-199708150-00010](http://dx.doi.org/10.1097/00007632-199708150-00010).
8. Acosta Jr FL, Aryan HE, Ames CP. Successful outcome of six-level cervicorhoracic corpectomy and circumferential reconstruction: case report and review of literature on multilevel cervicorhoracic corpectomy. Eur Spine J. 2006;15(Suppl 5):670–674. DOI: [10.1007/s00586-006-0203-z](http://dx.doi.org/10.1007/s00586-006-0203-z).
9. Aebi M, Mohler J, Zach GA, Morscher E. Indication, surgical technique, and results of 100 surgically-treated fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. Clin Orthop Relat Res. 1986;(203):244–257. DOI: [10.1097/00003086-198602000-00031](http://dx.doi.org/10.1097/00003086-198602000-00031).
10. An HS, Vaccaro A, Cotler JM, Lin S. Spinal disorders at the cervicorhoracic junction. Spine. 1994;19:2557–2564.
11. Anderson PA, Henley MB, Grady MS, Montesano PX, Winn HR. Posterior cervical arthrodesis with AO reconstruction plates and bone graft. Spine. 1991;16(3 Suppl):S72–S79.

12. **Bailey RW, Badgley CE.** Stabilization of the cervical spine by anterior fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1960;42:565–624.
13. **Belanger TA, Milam RA 4th, Roh JS, Bohlman HH.** Cervicothoracic extension osteotomy for chin-on-chest deformity in ankylosing spondylitis. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:1732–1738. DOI: 10.2106/JBJS.C.01472.
14. **Bohler J, Gaudernak T.** Anterior plate stabilization for fracture-dislocations of the lower cervical spine. *J Trauma.* 1980;20:203–205. DOI: 10.1097/00005373-198003000-00002.
15. **Brougham DI, Cole WG, Dickens DR, Menelaus MB.** Torticollis due to a combination of sternomastoid contracture and congenital vertebral anomalies. *J Bone Joint Surg Br.* 1989;71:404–407.
16. **Caspar W, Barbier DD, Klara PM.** Anterior cervical fusion and Caspar plate stabilization for cervical trauma. *Neurosurgery.* 1989;25:491–502. DOI: 10.1097/00006123-198910000-00001.
17. **Chang KW, Cheng CW, Chen HC, Chang KI, Chen TC.** Closing-opening wedge osteotomy for the treatment of sagittal imbalance. *Spine.* 2008;33:1470–1477. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181753bcd.
18. **Chang DG, Kim JH, Kim SS, Lim DJ, Ha KY, Suk SI.** How to improve shoulder balance in the surgical correction of double thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 2014;39:E1359–E1367. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000578.
19. **Chapman JR, Anderson PA, Pepin C, Toomey S, Newell DW, Grady MS.** Posterior instrumentation of the unstable cervicothoracic spine. *J Neurosurg.* 1996;84:552–558. DOI: 10.3171/jns.1996.84.4.0552.
20. **Cooper PR, Cohen A, Rosiello A, Koslow M.** Posterior stabilization of cervical spine fractures and subluxations using plates and screws. *Neurosurgery.* 1988;23:300–306. DOI: 10.1227/00006123-198809000-00003.
21. **Deburge A, Briard JL.** Cervical hemivertebra excision. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63:1335–1338.
22. **Dubouset J.** Torticollis in children caused by congenital anomalies of the atlas. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68:178–188.
23. **Evans DK.** Dislocations at the cervicothoracic junction. *J Bone Joint Surg Br.* 1983;65:124–127.
24. **Fehlings MG, Cooper PR, Errico TJ.** Posterior plates in the management of cervical instability: long-term results in 44 patients. *J Neurosurg.* 1994;81:341–349. DOI: 10.3171/jns.1994.81.3.0341.
25. **Grob D, Magerl F.** [Dorsal spondylolysis of the cervical spine using a hooked plate]. *Orthopade.* 1987;16:55–61. In German.
26. **Grubb MR, Currier BL, Stone J, Warden KE, An KN.** Biomechanical evaluation of posterior cervical stabilization after a wide laminectomy. *Spine.* 1997;22:1948–1954. DOI: 10.1097/00007632-199709010-00002.
27. **Guille JT, Sherk HH.** Congenital osseous anomalies of the upper and lower cervical spine in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84:277–288. DOI: 10.2106/00004623-200202000-00017.
28. **Helmi C, Pruzansky S.** Craniofacial and extracranial malformations in the Klippel-Feil syndrome. *Cleft Palate J.* 1980;17:65–88.
29. **Hensinger RN.** Congenital anomalies of the cervical spine. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(264):16–38.
30. **Hong JY, Suh SW, Modi HN, Yang JH, Park SY.** Analysis of factors that affect shoulder balance after correction surgery in scoliosis: a global analysis of all the curvature types. *Eur Spine J.* 2013;22:1273–1285. DOI: 10.1007/s00586-013-2697-5.
31. **Johnston CE 2nd, Birch JG, Daniels JL.** Cervical kyphosis in patients who have Larsen syndrome. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:538–545.
32. **Knott PT, Mardjetko SM, Tschy F.** The use of the T1 sagittal angle in predicting overall sagittal balance of the spine. *Spine J.* 2010;10:994–998. DOI: 10.1016/j.spinee.2010.08.031.
33. **Kreshak JL, Kim DH, Lindsey DP, Kam AC, Panjabi MM, Yerby SA.** Posterior stabilization at the cervicothoracic junction: a biomechanical study. *Spine.* 2002;27:2763–2770. DOI: 10.1097/01.BRS.0000035680.94899.35.
34. **Kuklo TR, Lenke IG, Graham EJ, Won DS, Sweet FA, Blanke KM, Bridwell KH.** Correlation of radiographic, clinical, and patient assessment of shoulder balance following fusion versus nonfusion of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 2002;27:2013–2020. DOI: 10.1097/00007632-200209150-00009.
35. **Liew SM, Simmons ED Jr.** Cervical deformity: rationale for selecting the appropriate fusion technique [anterior, posterior, and 360 degree]. *Orthopedic Clin North Am.* 1998;29:779–786. DOI: 10.1016/S0030-5898(05)70047-X.
36. **McClendon J Jr, O'Shaughnessy BA, Sugrue PA, Neal CJ, Acosta FL Jr, Koski TR, Ondra SL.** Techniques for operative correction of proximal junctional kyphosis of the upper thoracic spine. *Spine.* 2012;37:292–303. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318222dc8a.
37. **McMaster MJ, Ohtsuka K.** The natural history of congenital scoliosis. A study of two hundred and fifty-one patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1982;64:1128–1147. DOI: 10.2106/00004623-198264080-00003.
38. **Micheli LJ, Hall JE, Watts HG.** Spinal instability in Larsen's syndrome: report of three cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58:562–565.
39. **Mulpuri K, LeBlanc JG, Reilly CW, Poskitt KJ, Choit RL, Sahajpal V, Tredwell SJ.** Sternal split approach to the cervicothoracic junction in children. *Spine.* 2005;30:E305–E310. DOI: 10.1097/01.brs.0000164267.30422.a9.
40. **Nasca RJ, Stilling FH 3rd, Stell HH.** Progression of congenital scoliosis due to hemivertebrae and hemivertebrae with bars. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57:456–466.
41. **Nichols CG, Young DH, Schiller WR.** Evaluation of cervicothoracic junction injury. *Ann Emerg Med.* 1987;16:640–642. DOI: 10.1016/S0196-0644(87)80060-4.
42. **Pesenti S, Blondel B, Peltier E, Choufani E, Bollini G, Jouve JL.** Interest of T1 parameters for sagittal alignment evaluation of adolescent idiopathic scoliosis patients. *Eur Spine J.* 2016;25:424–429. DOI: 10.1007/s00586-015-4244-z.
43. **Qiu X, Ma WW, Li WG, Wang B, Yu Y, Zhu ZZ, Qian BP, Zhu F, Sun X, Ng BK, Cheng JC, Qiu Y.** Discrepancy between radiographic shoulder balance and cosmetic shoulder balance in adolescent idiopathic scoliosis patients with double thoracic curve. *Eur Spine J.* 2009;18:45–51. DOI: 10.1007/s00586-008-0833-4.
44. **Ruf M, Jensen R, Harms J.** Hemivertebra resection in the cervical spine. *Spine.* 2005;30:380–385. DOI: 10.1097/01.brs.0000153398.78661.2b.
45. **Samy MA, Al Zayed ZS, Shaheen MF.** The effect of a vertical expandable prosthetic titanium rib on shoulder balance in patients with congenital scoliosis. *J Child Orthop.* 2009;3:391–396. DOI: 10.1007/s11832-009-0201-x.
46. **Sapkas G, Papadakis S, Katonis P, Roidis N, Kontakis G.** Operative treatment of unstable injuries of the cervicothoracic junction. *Eur Spine J.* 1999;8:279–283.
47. **Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakos J, Lenke L, Tropiano P, Ames C, Smith JS, Shaffrey CI, Glassman S, Farcy JP, Lafage V.** The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery.* 2014;74:112–120. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000182o.
48. **Sherk HH, Uppal GS.** Congenital bony anomalies of the cervical spine. In: Frymoyer JW, ed. *The Adult Spine: Principles and Practice.* N.Y., 1991:1015–1037.
49. **Sherk HH, Whitaker LA, Pasquariello PS.** Facial malformations and spinal anomalies. A predictable relationship. *Spine.* 1982;7:526–531.
50. **Smith MD.** Congenital scoliosis of the cervical or cervicothoracic spine. *Orthop Clin North Am.* 1994;25:301–310.
51. **Urist MR.** Osteotomy of the cervical spine; report of a case of ankylosing rheumatoid spondylitis. *J Bone Joint Surg Am.* 1958;40:833–843.
52. **Uzumcugil O, Atici Y, Ozturkmen Y, Yalcinkaya M, Caniklioglu M.** Evaluation of shoulder balance through growing rod intervention for early-onset scoliosis. *J Spinal Disord Tech.* 2012;25:391–400.
53. **Winter RB.** Congenital scoliosis. *Orthop Clin North Am.* 1988;19:395–408.

54. **Winter RB, Moe JH.** The results of spinal arthrodesis for congenital spinal deformity in patients younger than five years old. *J Bone Joint Surg Am.* 1982;64:419–432. DOI: 10.1097/01241398-198208000-00058.
55. **Winter RB, Moe JH, Lonstein JE.** Posterior spinal arthrodesis for congenital scoliosis. An analysis of the cases of two hundred and ninety patients, five to nineteen years old. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66:1188–1197. DOI: 10.1016/S0022-3468(85)80195-0.

Адрес для переписки:

Рябых Сергей Олегович
640014, Россия, Курган,
ул. М. Ульяновой, 6,
РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова,
rso_@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.12.2016

Рецензирование пройдено 12.04.2017

Подписана в печать 28.04.2017

56. **Yamazaki M, Okawa A, Fujiyoshi T, Kawabe J, Yamauchi T, Furuya T, Taka-so M, Koda M.** Simulated surgery for a patient with neurofibromatosis type-1 who had severe cervicothoracic kyphoscoliosis and an anomalous vertebral artery. *Spine.* 2010;35:E368–E373. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181c42559.

Address correspondence to:

Ryabikh Sergey Olegovich
Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and
Orthopaedics,
M. Ulyanovoy str., 6, Kurgan, 640014, Russia,
rso_@mail.ru

Received 08.12.2016

Review completed 12.04.2017

Passed for printing 28.04.2017

Сергей Олегович Рябых, д-р мед. наук, детский хирург, ортопед-травматолог, вертебролог, руководитель клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия, rso_@mail.ru;
Егор Юрьевич Филатов, аспирант, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия, filatov@ro.ru;

Дмитрий Михайлович Савин, младший научный сотрудник лаборатории патологии осевого скелета и нейрохирургии, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 9, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия, office@rncvto.ru.

Sergey Olegovich Ryabikh, DMSc, pediatric surgeon, orthopedist, vertebralologist, Head of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia, rso_@mail.ru;

Egor Yuryevich Filatov, postgraduate student, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia, filatov@ro.ru;

Dmitry Mikhailovich Savin, junior researcher in Laboratory of Axial Skeletal Pathology and Neurosurgery, Head of Traumatologic-orthopedic Department No. 9, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia, office@rncvto.ru.