



Научная статья
 УДК 616.711.5/6-089.8-7-053.2
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2020-26-4-45-55>

Экстирпация грудных и поясничных полупозвонков из дорсального доступа с применением ультразвукового костного скальпеля у детей: результат проспективного многоцентрового исследования

Д.Г. Наумов¹, А.Ю. Мушкин¹, Е.Ю. Филатов², С.О. Рябых², О.Б. Челпаченко³

¹ ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физиопульмонологии» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

³ ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Хирургическое лечение врожденных деформаций позвоночника у детей на фоне полупозвонков сопряжено с высоким уровнем осложнений. Поиск путей снижения травматичности операции позволит улучшить отдаленные результаты. **Цель** — оценить эффективность применения ультразвукового костного скальпеля в хирургическом лечении врожденных деформаций позвоночника у детей на фоне моносегментарных полупозвонков. **Материал и методы.** Дизайн исследования — трехцентровое проспективное. Последовательно оперированы 55 пациентов в возрасте от 10 мес. до 13 лет (M = 4 года 4 мес., Me — 3 года 8 мес.), выполнены 59 экстирпаций полупозвонков (грудных — 36, поясничных — 23) с применением ультразвукового костного скальпеля из одного дорсального доступа. Оцениваемые параметры: длительность операции, объем кровопотери (абсолютный и относительный), частота и характер осложнений, величина коррекции деформации и ее динамика в послеоперационном периоде. Проведен систематический обзор литературы (период поиска публикаций 2015–2019 гг.) по дорсальным экстирпациям полупозвонков у детей, выполненных с применением стандартной техники с использованием высокоскоростного бура. **Результаты.** Длительность операции в серии составила 131±33 мин. для грудных экстирпаций и 165±50 мин. для поясничных ($p = 0,005$). Объем абсолютной кровопотери: 105±74 мл (Me 80 мл) для грудных экстирпаций и 123±59 мл (Me 120 мл) для поясничных ($p = 0,178$). Объем относительной кровопотери: 6,8±3,1% от ОЦК для грудных и 11,5±5,5% от ОЦК для поясничных экстирпаций ($p = 0,002$). Протяженность задней инструментальной фиксации не оказывает значимого влияния на длительность операции и объем абсолютной кровопотери ($p = 0,957$; $p = 0,967$). Возраст пациентов на момент операции не оказывает влияния на длительность операции ($p = 0,458$), при этом влияет на объем абсолютной кровопотери ($p = 0,023$). Интраоперационных осложнений не выявлено, за исключением 4 случаев мальпозиции ТПФ, не потребовавших ревизии. **Заключение.** Применение ультразвукового костного скальпеля при дорсальных экстирпациях полупозвонков у детей обеспечивает безопасность операции, снижает ее длительность и операционную кровопотерю.

Ключевые слова: врожденный сколиоз, полупозвонок, ультразвуковой костный скальпель, дети, деформация позвоночника.

Источник финансирования: 50 из 55 пациентов оперированы в рамках реализации Протокола клинической апробации Минздрава России № 2018-13-1 с соответствующим финансовым обеспечением.

Наумов Д.Г., Мушкин А.Ю., Филатов Е.Ю., Рябых С.О., Челпаченко О.Б. Экстирпация грудных и поясничных полупозвонков из дорсального доступа с применением ультразвукового костного скальпеля у детей: результат проспективного многоцентрового исследования. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(4):45-55. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-45-55.

Cite as: Naumov D.G., Mushkin A.Yu., Filatov E.Yu., Ryabikh S.O., Chelpachenko O.B. [Extirpation of the Thoracic and Lumbar Hemivertebrae from the Dorsal Access Using the Ultrasonic Bone Scalpel in Children: The Result of a Prospective Multicenter Study]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(4): 45-55. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-45-55.

Наумов Денис Георгиевич / Denis G. Naumov; e-mail: dgnaumov1@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 19.09.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 06.11.2020.

© Наумов Д.Г., Мушкин А.Ю., Филатов Е.Ю., Рябых С.О., Челпаченко О.Б., 2020



Extirpation of the Thoracic and Lumbar Hemivertebrae from the Dorsal Access Using the Ultrasonic Bone Scalpel in Children: The Result of a Prospective Multicenter Study

Denis G. Naumov¹, Aleksandr Yu. Mushkin¹, Egor Yu. Filatov², Sergey O. Ryabykh², Oleg B. Chelpanchenko³

¹ St. Petersburg Research Institute of Phthiopulmonology, St. Petersburg, Russia

² National Ilizarov Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia

³ National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, Russia

Abstract

Background. The surgical treatment of congenital spinal deformity caused by hemivertebra is associated with high rate of complications. A research of a new surgery technique for operation time and blood loss decrease could potentially improve outcomes. **The purpose** — to evaluate the efficacy of ultrasonic bone scalpel in surgical treatment of pediatric congenital spinal deformities caused by monosegmental hemivertebra. **Patients and Methods.** Level of Evidence III. The study based on the data of 55 consecutively operated pediatric patients who underwent 59 posterior hemivertebra resection provided by ultrasonic bone scalpel from January 2015 to December 2019. The average age was 4 years and 4 months. 36 hemivertebra were located in thoracic spine and 23 were located in lumbar spine. Total duration of surgery, estimated blood loss (ml and % of circulated blood volume, CBV), complications rate and deformity correction were noted. The influence of posterior instrumentation length and patients age at time of surgery on evaluation parameters was analyzed. 5-year (2015–2019) systematic literature review was performed for compare with obtain results. **Results.** Total operation time was 131 min ± 33 min for thoracic spine and 165 min ± 50 min for lumbar spine ($p = 0,005$). Estimated blood loss was 105 ml ± 74 ml (Me 80 ml) for thoracic resection and 123 ml ± 59 ml (Me 120 ml) — for lumbar ($p = 0,178$). The length of posterior instrumentation were not influence on operation time and total blood loss ($p = 0,957$; $p = 0,967$), patients age at time of surgery were not influence on operation time ($p = 0,458$), but correlate with total blood loss ($p = 0,023$). Intraoperative complications was not observed. Four cases of transpedicular screw malposition without neurological deficit were noted (type C acc. Gertzbein-Robbins). **Conclusions.** Posterior hemivertebra resection with ultrasonic bone scalpel is safe and effective procedure provides decrease of operation time and estimated blood loss.

Keywords: congenital scoliosis, hemivertebra, ultrasonic bone scalpel, children, spine deformity.

Funding: 50 out of 55 patients underwent surgery as a part of the implementation of the Clinical Approbation Protocol of the Ministry of Health of Russia No. 2018-13-1 with appropriate financial support.

Введение

Врожденные деформации позвоночника у детей развиваются на фоне различных вариантов аномалий позвонков, среди которых полупозвонки являются наиболее частыми [1, 2, 3]. Наиболее эффективным методом лечения таких деформаций считается экстирпация полупозвонка, выполняемая из комбинированного или дорсального доступа с последующей задней инструментальной стабилизацией [4, 5, 6, 7]. Выполнение транспедикулярной экстирпации полупозвонка из изолированного дорсального доступа обеспечивает эффективную коррекцию деформации, однако сопряжено со значительной кровопотерей (до 35–40% объема циркулирующей крови (ОЦК)), большой длительностью вмешательства (3–6 ч.) и повреждением твердой мозговой оболочки (ТМО) в 5–7% случаев [8, 9, 10, 11]. Указанные осо-

бенности влияют на длительность стационарного лечения, качество жизни пациентов и частоту осложнений в позднем послеоперационном периоде [12, 13, 14].

Внедрение в хирургию позвоночника ультразвукового костного инструментария (ultrasonic bone scalpel — UBS) обеспечило снижение уровня повреждения мягких тканей, сосудистых и нервных структур в зоне вмешательства [14, 15]. Публикации, посвященные его использованию в хирургии врожденных деформаций позвоночника у детей, отсутствуют, за исключением единственного ретроспективного анализа, включившего ограниченное число выполненных одним хирургом операций, выявившего тенденцию к снижению длительности операции и кровопотери при педикулярной экстирпации полупозвонка в сравнении с высокоскоростным буром [16].

Цель исследования — оценить эффективность применения UBS в хирургическом лечении врожденных деформаций позвоночника у детей на фоне моносегментарных полупозвонков.

В ходе анализа были поставлены два вопроса:

1. Действительно ли применение UBS при дорсальной экстирпации моносегментарного полупозвонка обеспечивает снижение длительности операции и объема кровопотери?

2. Влияет ли на достижение указанных параметров уровень аномалии (уровень операции), возраст пациентов или протяженность задней фиксации?

Материал и методы

Дизайн исследования

Трехцентровое проспективное исследование. Исследование выполнено в клиниках детской хирургии и ортопедии ФГБУ «СПбНИИФ» Минздрава России и патологии позвоночника и редких заболеваний ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России (50 больных), а также в Нейроортопедическом отделении с ортопедией ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России (5 больных).

Критерии включения:

- врожденные деформации позвоночника, вызванные нарушениями формирования позвонков с ведущим пороком в виде моносегментарного полупозвонка (тип 1 по Winter / Kawakami);

- оперативное лечение в объеме одномоментной экстирпации полупозвонка из изолированного дорсального доступа с последующей задней инструментальной фиксацией;

- удаление полупозвонка ультразвуковым костным скальпелем (UBS Misonix, США);

- возраст пациентов менее 18 лет на момент операции;

- грудная и поясничная локализация полупозвонков — от Th2 до L4.

Критерии исключения:

- множественные односторонние полупозвонки на вершине деформации;

- сочетание полупозвонков с другими вертебральными аномалиями, требующими расширения оперативного вмешательства (прежде всего с контралатеральным нарушением сегментации, конкрецированием ребер и т.д.).

- пациенты, вошедшие в группу ретроспективного анализа, результаты которого ранее опубликованы частью авторов настоящей статьи [16].

Этика исследования

Во всех случаях законные представители (родители) пациентов дали добровольное согласие на включение в исследование. Протокол и дизайн

исследования соответствуют Хельсинкской декларации пересмотра 2013 г.

Набор материала осуществлен за период с 1 января 2015 г. по 31 декабря 2019 г., включая 2-летнюю двухцентровую когорту (50 больных) 2018–2019 гг.

Исследуемую группу составили 55 пациентов (29 девочек и 26 мальчиков) в возрасте от 10 мес. до 13 лет, которым последовательно выполнены 59 моносегментарных экстирпаций полупозвонков (в 4 случаях полупозвонки локализовались на двух уровнях, операции проведены в сроки не менее 4 мес. между ними). Средний возраст детей на момент операции составил 4 года 4 мес. (Me 3 года 8 мес.; min 10 мес., max 13 лет). С учетом возрастной периодизации распределение следующее: ≤3 года 11 мес. — 35 пациентов; 4 года < ... ≤ 6 лет 11 мес. — 15 пациентов и 7 лет и старше — 9 пациентов.

Всем пациентам перед операцией и в контрольные сроки выполняли: 1) рентгенографию позвоночника в двух проекциях — определение величины деформации и динамики коррекции в отдаленном периоде; 2) компьютерную томографию позвоночника — перед операцией для определения осевых размеров полупозвонка и диаметра корней дуг и тел интактных выше- и нижележащих позвонков, после операции — для оценки выраженности костного блока.

Предметом исследования явились следующие параметры: 1) длительность операции, оцененная в минутах; 2) объем абсолютной кровопотери (ОАК) в мл, оцененный гравиметрическим методом; 3) объем относительной кровопотери (ОК), оцененный в % по отношению ОАК к объему циркулирующей крови, рассчитанному по референсному возрастнo-весовому показателю; 4) число и характер операционных осложнений. В качестве дополнительных параметров, не имеющих прямой связи с применением UBS, оценивали величину коррекции деформации (по Cobb), а также ее динамику в раннем (до 30 суток), отсроченном (от 30 до 90 суток) и позднем (более 90 суток) периодах.

Изучено влияние на длительность операции и объем кровопотери таких факторов, как уровень вмешательства (грудные и поясничные экстирпации), возраст пациентов, а также протяженность задней инструментации — фиксации одного (исключая полупозвонки), двух или трех и более позвоночно-двигательных сегментов.

Статистический анализ

Статистическая обработка выполнена в программе «Statistical Package for the Social Sciences» (SPSS), версия 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, США). Проверку исследуемых параметров на нормальность распределения проводили по критерию

Колмогорова–Смирнова. Для всех параметров уровень двусторонней значимости составил $p < 0,01$, что свидетельствует о ненормальности их распределения, в связи с чем результаты представлены в виде $M \pm m$ и Me (min, max). Для оценки статистической значимости различий длительности операции и кровопотери в зависимости от локализации полупозвонка использован U-критерий Манна–Уитни. Оценка статистической значимости различий исследуемых показателей при различной протяженности задней инструментальной фиксации (ЗИФ) и возрастных коридоров проведена по H-критерию Краскела–Уоллиса. Различия признавались статистически значимыми при двустороннем $p < 0,05$.

Хирургическая техника

Из заднего срединного доступа скелетировали дугу и поперечные отростки полупозвонка, а также дуги одного или двух краниального и каудального позвонков. После маркировки (рис. 1) экстирпацию полупозвонка осуществляли в следующей последовательности: при помощи остеотомической насадки UBS отсекали у основания поперечный отросток полупозвонка и его удаляли. При вмешательствах в грудном отделе выделяли и пересекали позвоночный конец ребра в области шейки; последующее удаление этого фрагмента обеспечивало выход на боковую поверхность аномального полупозвонка. Заднюю клиновидную вертебротомию проводили, удаляя дугу полупозвонка вместе с отсеченным нижним суставным отростком верхнего смежного позвонка.

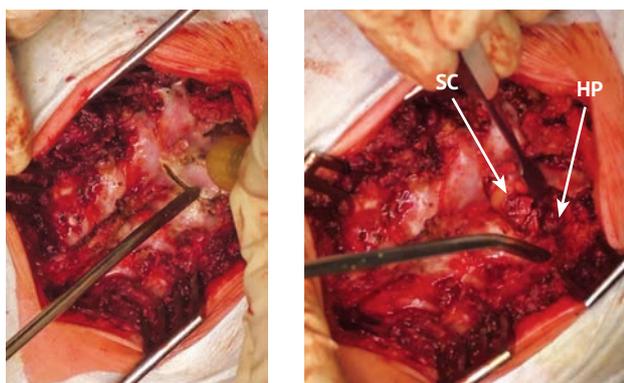


Рис. 1. Этапы остеотомии задней колонны:
SC — spinal cord;
HP — hemivertebra pedicle

Fig. 1. The stages of posterior column osteotomy:
SC — spinal cord;
HP — hemivertebra pedicle

После удаления задних отделов обнажались позвоночный канал и ножка дуги полупозвонка. Последующие этапы удаления осуществляли шейверной насадкой UBS с выходом на его тело через корень (рис. 2). После удаления всех костных структур полупозвонка узким распатором боковыми костными ложками и кусачками Керрисона резецировали смежные межпозвонковые диски в пределах замыкательных пластин смежных позвонков. Медиальную замыкательную пластинку тела полупозвонка, прилежащую к позвоночному каналу, удаляли последней UBS шейвером, что минимизировало риск кровотечения из вен эпидурального пространства. Кровотечение из корешковых сосудов останавливали коагуляцией, из эпидуральных вен — местными гемостатическими материалами.

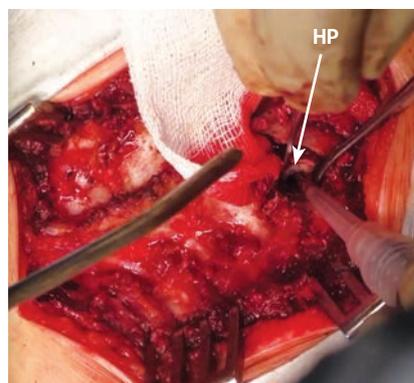


Рис. 2. Этап удаления тела полупозвонка по принципу “egg shell”:
HP — hemivertebra pedicle

Fig. 2. The stage of the hemivertebra body extirpation by the principle of “egg shell”:
HP — hemivertebra pedicle

Установку опорных элементов (винтов, крючков), инструментальную коррекцию деформации, корпородез и задний спондилодез осуществляли по стандартной методике, рассчитывая протяженность задней инструментации с учетом зоны стабильности, оцениваемой по среднесакральной линии (CSVL, оси, восстановленной через середину S1 позвонка). Предпочтение отдавали винтовым опорным элементам, устанавливая их по методике “free hands”. Крючки использовали в случае определенной по КТ критичной величине корней дуг опорных позвонков — меньше диаметра минимального транспедикулярного винта из размерной линейки. В качестве пластического материала использовали костные элементы удаленного полупозвонка. Рану герметично ушивали без дополнительного дренирования.

Клинические примеры представлены на рисунках 3 и 4.

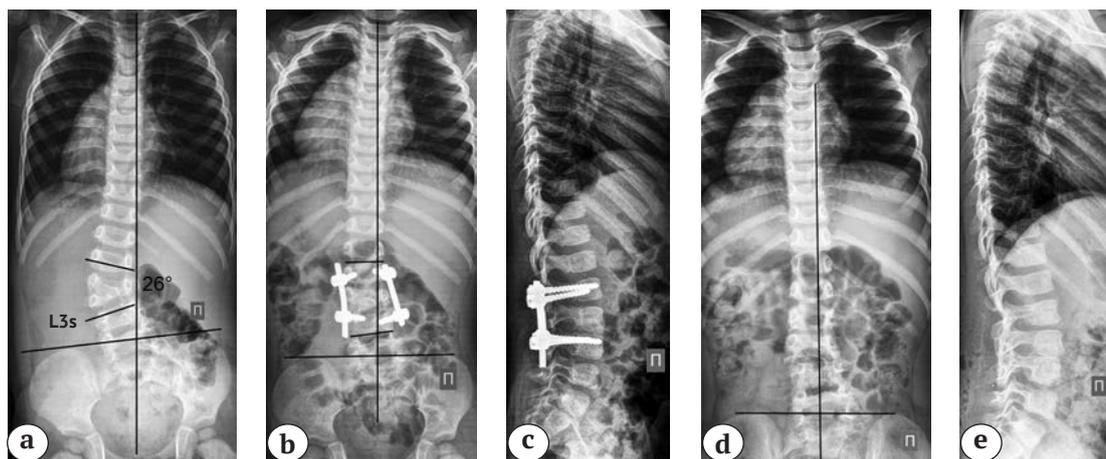


Рис. 3. Пациентка 1 год 10 мес.: врожденная сколиотическая деформация на фоне полупозвонка L3s. Рентгенограмма до операции (а). Выполнена дорсальная экстирпация полупозвонка, задняя транспедикулярная фиксация L2–4, длительность операции 120 мин., операционная кровопотеря 100 мл (7,8% от ОЦК). Рентгенограммы спустя 1 год после операции (b, c) и после удаления ЗИФ (d, e)

Fig. 3. The female infant of 1 year 10 months age: congenital scoliotic deformity with L3s hemivertebra. X-ray before the surgery (a). Dorsal hemivertebra extirpation and posterior transpedicular fixation L2–4 were performed, the operative time 120 min, the surgical blood loss of 100 ml (7.8% of the circulating blood volume). X-ray in 1 year after the surgery (b, c) and after the removal of the posterior instrumentation fixation (d, e)

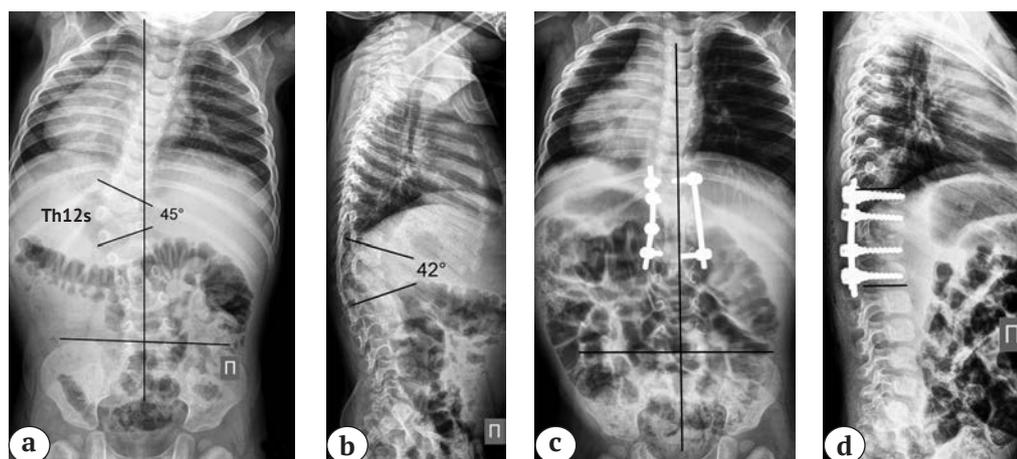


Рис. 4. Пациент 10 мес.: врожденная кифосколиотическая деформация на фоне полупозвонка Th12s. Рентгенограммы до операции (а, b). Выполнена дорсальная экстирпация полупозвонка, задняя транспедикулярная фиксация Th10–L1, длительность операции 130 мин., операционная кровопотеря 30 мл (5% от ОЦК). Рентгенограммы спустя 1 год 1 мес. после операции (c, d)

Fig. 4. The male infant of 10 months. Congenital kyphoscoliotic deformity with Th12s hemivertebra. X-ray before the surgery (a, b). The dorsal extirpation of the hemivertebra and posterior transpedicular fixation Th10–L1 were performed, the operative time 130 min, the surgical blood loss of 30 ml (5% of the circulating blood volume). X-ray in 1 year 1 month after the surgery (c, d)

Результаты

Тридцать шесть из 59 экстирпаций проведены в грудном отделе (Th2–12), 23 — в поясничном (L1–4). В случае продавливания педикулы при компрессионном маневре (5 наблюдений) винты меняли на крючки, не продлевая протяженности заранее выбранной зоны фиксации. Помимо продавливания педикул, других интраоперационных осложнений не зарегистрировано.

Катамнез прослежен в сроки 1 год 2 мес. (Me 1 год 1 мес.; min 6 мес.; max 5 лет 5 мес.). В отсроченном периоде (6 мес.), по данным КТ, выявлены 4 случая мальпозиции транспедикулярных винтов (что составило 1,5% от общего числа установленных винтов): во всех наблюдениях имелось латеральное смещение, соответствующее типу C по Gertzbein-Robbins (менее 4 мм), не сопровождавшееся потерей операционной коррекции и не требовавшее повторного оперативного лечения.

Динамика величины деформации, оцененная с учетом ее исходного характера и уровня аномалии, представлена в таблице 1. Представленные данные сопоставимы с величиной коррекции деформации, полученной в других исследованиях, что подтверждает то, что техника экстирпации не влияет на величину коррекции [17, 18, 19, 20, 21].

Потери коррекции деформации, потребовавшей ревизионных вмешательств, к концу наблюдения не отмечено.

Длительность операции и величина операционной кровопотери, оцененные с учетом уровня аномалии, представлены в таблице 2.

Исследование не выявило значимой связи длительности операции и объема операционной кровопотери от протяженности ЗИФ. В свою очередь, возраст пациентов имел прямую корреляцию с объемом абсолютной кровопотери, однако при пересчете на величину относительной кровопотери (% от ОЦК) подобная зависимость оказалась не подтверждена (табл. 3).

Таблица 1

Динамика деформации позвоночника

Тип деформации	Оцениваемый показатель	До операции		После операции		p	
		Th	L	Th	L		
Изолированный сколиоз (n = 36)	M±m	37±11°	29±8°	8±7°	4±3°	p ¹ <0,001	
	Me (min; max)	35° (18°; 58°)	28° (14°; 42°)	4° (1°; 27°)	1° (1°; 15°)	p ² = 0,001	
Кифосколиоз (n = 23):	– кифотический компонент	M±m	33±11°	28±17°	7±67°	6±4°	p ¹ <0,001
		Me (min; max)	30° (16°; 58°)	28° (10°; 60°)	7° (1°; 30°)	1° (1°; 25°)	p ² = 0,016
	– сколиотический компонент	M±m	36±9°	32±8°	3±2°	4±3°	p ¹ = 0,001
		Me (min; max)	37° (23°; 52°)	34° (18°; 44°)	3° (1°; 8°)	1° (1°; 21°)	p ² = 0,035

Значимость различий определена по критерию Уилкоксона; уровень значимости p¹ — для деформаций грудного отдела (Th), p² — для деформаций поясничного отдела (L).

Таблица 2

Длительность операции и операционная кровопотеря с учетом уровня аномалии

Показатель	Средние значения (M±m)	Th	L	p
Длительность операции, мин.	145±44	131±33	165±50	0,005
Абсолютная кровопотеря, мл	112±69	105±74	123±59	0,178
Относительная кровопотеря, % от ОЦК	8,8±4,8	6,8±3,1	11,5±5,5	0,002

Значимость различий определена по U-критерию Манна – Уитни.

Таблица 3

Корреляция длительности операции и объема кровопотери с протяженностью задней инструментации и возрастом пациентов

Параметры	Протяженность ЗИФ			Возраст, лет + мес.			p
	1 ПДС	2 ПДС	≥3 ПДС	≤3 + 11	4–6 + 11	≥7	
Длительность операции, мин.	148±55	151±48	146±35	146±48	130±36	130±15	p ¹ = 0,957; p ² = 0,458
Абсолютная кровопотеря, мл	92±59	108±64	108±75	89±56	115±70	191±89	p ¹ = 0,967; p ² = 0,023
Относительная кровопотеря, % от ОЦК	9,4±6,1	8,5±2,7	8,5±4,5	8,8±5,7	8,0±3,8	9,1±3,7	p ¹ = 0,997; p ² = 0,894

Значимость различий определена по Н-критерию Краскела–Уоллиса; уровень значимости p¹ — для различной протяженности ЗИФ, p² — для различных возрастных групп; ПДС — позвоночно-двигательный сегмент.

Обсуждение

Хирургическое лечение врожденных деформаций позвоночника у детей на фоне полупозвонокков продолжает считаться травматичным вмешательством с относительно высокой частотой осложнений [22, 23, 24], статистически связанных с длительностью операции и объемом кровопотери [25, 26, 27]. Именно поэтому одним из путей их снижения может считаться ультразвуковой костный скальпель, первично использованный в хирургии дегенеративной патологии шейного отдела позвоночника [28, 29]. Наибольший опыт его использования у детей представлен S. Wahlquist с соавторами [30], установившими достоверное снижение длительности операции и объема кровопотери при применении UBS у пациентов с идиопатическими сколиозами (AIS), в то время как при нейромышечных деформациях значительное (на 43%) снижение кровопотери сопровождалось незначительным (на 7%) увеличением длительности операций.

Оценивая публикационные тренды, посвященные экстирпации полупозвонокков у детей, необходимо отметить сложившийся консенсус в отношении возможности проведения подобной операции из изолированного дорсального доступа как в грудном, так и в поясничном отделах позвоночника, считая его достаточным для полноценной резекции костных структур полупозвонокка и смежных межпозвоночных дисков, а также для обеспечения полноценной коррекции деформации и переднего спондилодеза. Именно выполнение операции из дорсального доступа было решающим критерием при включении в анализ публикаций, выявленных при информационном поиске глубиной 5 лет (2015–2019) в базах данных PubMed, Google Scholar, Clinical Key с использованием ключевых слов hemivertebra

resection, congenital scoliosis, kyphosis и ultrasonic bone scalpel.

Характеристика публикаций представлена в таблице 4. Итоговому анализу подверглись 13 публикаций, суммирующих 373 дорсальные педикулярные экстирпации полупозвонокков у детей, осуществленных с применением высокоскоростного бура. Нельзя не отметить, что наша работа в сравнении с анализируемыми является второй по числу наблюдений и близка по среднему возрасту детей на момент операции к работе L. Ma с соавторами, включающей наибольшее число наблюдений с наименьшим средним возрастом оперированных пациентов [13].

Средний возраст включенных в анализируемые работы детей на момент операции составил 7 лет (min 3,0; max 17,0). Сопоставление абсолютной операционной кровопотери в собственной когорте с работами авторов, на наш взгляд, было не вполне корректно ввиду разнородности среднего возраста пациентов (4 года 4 мес. vs 7 лет), в связи с чем проведен перерасчет относительных объемов кровопотери согласно следующей формуле:

$$V \text{ отн. кр. (\%)} = V \text{ абс. кр. (мл)} : \text{ОЦК (мл)} \times 100\%,$$

где V отн. кр. — относительный объем кровопотери; V абс. кр. — объем абсолютной кровопотери; ОЦК — объем циркулирующей крови, оцениваемый согласно средним возрасто-весовым показателям.

Усредненная длительность операции по публикациям составила 3 ч. 58 мин., абсолютный объем кровопотери — 502 мл, относительный — 28,1% от ОЦК. Представленные данные позволяют констатировать, что в нашей группе при несколько меньшем среднем возрасте пациентов (4 года 4 мес.) удалось снизить длительность операции и относительный объем кровопотери на 39,1% и 68,7% соответственно.

Таблица 4

Публикации (2015–2019) и сводные показатели

Автор	Число наблюдений	Средний возраст, лет + мес.	Локализация (кол-во наблюдений)	Длительность операции, мин.	Кровопотеря, мл / % от ОЦК	Осложнения (кол-во наблюдений)
Y. Wang с соавт., 2019 [9]	23	7 + 8	L (10); L-S (13)	196	271 / 14,1	транзиторийный нейродифцит (1), мальпозиция ТПФ (1)
Y. Huang с соавт., 2019 [23]	21	11 + 5	Th (21)	240	809 / 26,6	транзиторийный нейродифцит (1), мальпозиция ТПФ (2), прогрессирующее деформации (4)
D. Liu с соавт., 2019 [8]	50	10 + 1	Th (10); L (40)	259 (radical resection) 206 (partial resection)	690 (radical resection) / 26,9 502 (partial resection) / 19,6	транзиторийный нейродифцит (2), повреждение ТМО (2), мальпозиция ТПФ (1), РЖК (4)
L. Ma с соавт., 2019 [13]	103	3 + 0	n. i.	176	225 / 19,8	поверхностная ИОХВ (4), транзиторийный нейродифцит (1)
S. Wang с соавт., 2017 [17]	18	5 + 4	Th10-L2 (9) L-S (3)	175	334 / 22,8	нейродифцит (1)
R. Erturer с соавт., 2017 [10]	9	9 + 2	Th3-11 (4) Th12-L1 (5)	292	236 / 10,3	нет
S. Basu с соавт., 2017 [25]	20	9 + 2	Th (10); L (10)	300	611 / 26,8	мальпозиция ТПФ (1)
Y. Zhang с соавт., 2017 [22]	15	11 + 9	n. i.	282	836 / 26,7	глубокая ИОХВ (1)
J. Guo с соавт., 2016 [18]	39	3 + 6	Th1-5 (8); Th6-9 (5); Th10-L2 (20); L3-S1 (10)	189	306 / 25,8	мальпозиция ТПФ (1), перелом стержня (1), прогрессирующее кифоза (1)
Q. Zhuang с соавт., 2016 [21]	14	10	L5 (8); L5-S1 (5); L6 (1)	207	235 / 9,2	мальпозиция ТПФ (1)
Y. Feng с соавт., 2016 [20]	19	5 + 10	Th1-9 (7); Th10-L2 (8); L3-4 (4)	153	214 / 13,9	мальпозиция ТПФ (2)
D.G. Chang с соавт., 2015 [19]	18	6 + 6	n. i.	158	472 / 28,2	поверхностная ИОХВ (1), прогрессирующее деформации (2)
M.A. Qureshi с соавт., 2015 [24]	24	17 + 0	n. i.	263	787 / 18,2	транзиторийный нейродифцит (1), поверхностная ИОХВ (2), РЖК (1), мальпозиция ТПФ (1)
Суммарные показатели по анализируемым статьям	373	7 + 0	Th (65); Th-L (42); L (65); L-S (31)	238	502 / 28,1	мальпозиция ТПФ (9), транзиторийный нейродифцит (7), прогрессирующее деформации (6), повреждение ТМО (2)

n. i. = non indicated; РЖК — проксимальный контактный кифоз.

Несколько неожиданным результатом исследования оказалось выявление того факта, что применение UBS при экстирпации полупозвонок в грудном отделе сопряжено с меньшей длительностью и объемом кровопотери, чем в поясничном, что, возможно, обусловлено большим размером поясничных эпидуральных («бетсоновских») вен. Кроме того, использование UBS позволило исключить риски таких осложнений, как повреждение твердой мозговой оболочки и транзиторный нейродефицит, отмеченные в 5 из 13 анализируемых публикаций.

Ограничение исследования

Авторы отмечают ограниченное число детей, оперированных в возрасте старше 4 лет, особенно, старше 7 лет, в сопоставлении с младшей возрастной группой.

Заключение

Полученные в ходе исследования результаты позволяют констатировать следующее:

- использование UBS при дорсальной педикулярной экстирпации полупозвонок у детей позволяет сократить длительность операции и объем кровопотери в сравнении с применением стандартного высокоскоростного бура;
- применение UBS обеспечивает безопасность операции в отношении потенциально возможных неврологических осложнений — травмы твердой мозговой оболочки и транзиторных нейропатий;
- экстирпации поясничных полупозвонок с применением UBS сопровождаются большей длительностью и объемом кровопотери, чем грудных;
- протяженность задней инструментальной фиксации при экстирпации полупозвонок не оказывает значимого влияния на время операции и объем кровопотери;
- возраст пациентов влияет на объем абсолютной кровопотери, однако его влияние на относительный показатель кровопотери (% от ОЦК) не установлено.

Литература [References]

1. Winter R.B., Moe J.H., Eilers V.E. Congenital scoliosis: a study of 234 patients treated and untreated, part I: natural history. *J Bone Joint Surg Am.* 1968;50(1):1-15.
2. Ruf M., Jensen R., Letko L., Harms J. Hemivertebra resection and osteotomies in congenital spine deformity. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(17):1791-1799. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181ab6290.
3. Feng Y., Hai Y., Zhao S., Zang L. Hemivertebra resection with posterior unilateral intervertebral fusion and transpedicular fixation for congenital scoliosis: results with at least 3 years of follow-up. *Eur Spine J.* 2016;25(10):3274-3281. doi: 10.1007/s00586-016-4556-7.
4. Ruf M., Harms J. Hemivertebra resection by a posterior approach: innovative operative technique and first results. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(10):1116-1123. doi: 10.1097/00007632-200205150-00020.
5. Kose K.C., Inanmaz M.E., Altinel L., Bal E., Caliskan I., Isik C., Ergan V. Convex short segment instrumentation and hemi-chevron osteotomies for Putti type 1 thoracic hemivertebrae: a simple treatment option for patients under 5 years old. *J Spinal Disord Tech.* 2013;26(6):E240-247. doi: 10.1097/BSD.0b013e318288716e.
6. Рябых С.О., Ульрих Э.В. Экстирпация полупозвонок у детей через корень дуги. *Хирургия позвоночника.* 2013;(4):30-35. doi: 10.14531/ss2013.4.30-35. Ryabykh S.O., Ulrikh E.V. [Transpedicular hemivertebra resection in children]. *Khirurgiya pozvonochnika [Spine Surgery].* 2013;(4):30-35. (In Russian). doi: 10.14531/ss2013.4.30-35.
7. Виссарионов С.В., Картавенко К.А., Кокушин Д.Н., Ефремов А.М. Хирургическое лечение детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения формирования позвонков. *Хирургия позвоночника.* 2013;(2):32-37. doi: 10.14531/ss2013.2.32-37. Vissarionov S.V., Kartavenko K.A., Kokushin D.N., Efremov A.M. Surgical treatment of children with congenital thoracic spine deformity associated with vertebral malformation. *Khirurgiya pozvonochnika [Spine Surgery].* 2013;(2):32-37. (In Russian). doi: 10.14531/ss2013.2.32-37.
8. Liu D., Shi B., Shi B., Li Y., Xia S., Liu Z. et al. Partial hemivertebra resection (grade 4 osteotomy) for congenital scoliosis: a comparison with radical hemivertebra resection. *World Neurosurg.* 2019;130:e1028-e1033. doi: 10.1016/j.wneu.2019.07.070.
9. Wang Y., Liu Z., Du C., Shi B., Sun X., Wang B. et al. The radiological outcomes of one-stage posterior-only hemivertebra resection and short segmental fusion for lumbosacral hemivertebra: a minimum of 5 years of follow-up. *J Orthop Surg Res.* 2019;14(1):426. doi: 10.1186/s13018-019-1482-5.
10. Erturer R.E., Kilinc B.E., Gokcen B., Erdogan S., Kara K., Ozturk C. The results of hemivertebra resection by the posterior approach in children with a mean follow-up of five years. *Adv Orthop.* 2017;2017:4213413. doi: 10.1155/2017/4213413.
11. Рябых С.О., Филатов Е.Ю., Савин Д.М. Результаты экстирпации полупозвонок комбинированным, дорсальным и педикулярным доступами: систематический обзор. *Хирургия позвоночника.* 2017;14(1):14-23. doi: 10.14531/ss2017.1.14-23. Ryabykh S.O., Filatov E.Yu., Savin D.M. [Results of hemivertebra excision through combined, posterior and transpedicular approaches: systematic review]. *Khirurgiya pozvonochnika [Spine Surgery].* 2017;14(1):14-23. (In Russian). doi: 10.14531/ss2017.1.14-23.
12. Elsamadicy A.A., Adogwa O., Vuong V.D., Mehta A.I., Vasquez R.A., Cheng J. et al. Association of Intraoperative Blood Transfusions on postoperative complications, 30-day readmission rates, and 1-year patient-reported outcomes. *Spine.* 2017;42(8):610-615. doi: 10.1097/BRS.0000000000001803.
13. Ma L., Zhang J., Shen J., Zhao Y., Li S., Yu X., Huang Y. Predictors for blood loss in pediatric patients younger than 10 years old undergoing primary posterior hemivertebra resection: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):297. doi: 10.1186/s12891-019-2675-0.

14. Seicean A., Alan N., Seicean S., Neuhauser D., Weil R.J. The effect of blood transfusion on short-term, perioperative outcomes in elective spine surgery. *J Clin Neurosci*. 2014;21(9):1579-1585. doi: 10.1016/j.jocn.2014.03.003.
15. Bartley C.E., Bastrom T.P., Newton P.O. Blood loss reduction during surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis utilizing an ultrasonic bone scalpel. *Spine Deform*. 2014;2(4):285-290. doi: 10.1016/j.jspd.2014.03.008.
16. Мушкин А.Ю., Наумов Д.Г., Уменушкина Е.Ю. Экстирпация грудных и поясничных полупозвонков у детей: как техника операции влияет на ее травматичность? (предварительные результаты и обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2018; 24(3):83-90. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-83-90. Mushkin A.Yu., Naumov D.G., Umenushkina E.Yu. [Thoracic and lumbar hemivertebra excision in pediatric patients: how does the operation technique influence on outcomes? (cohort analysis and literature review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(3):83-90. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-83-90.
17. Wang S., Zhang J., Qiu G., Li S., Zhang Y., Yang Y., Weng X. Posterior-only hemivertebra resection with anterior structural reconstruction with titanium mesh cage and short segmental fusion for the treatment of congenital scoliosis: the indications and preliminary results. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(22):1687-1692. doi: 10.1097/BRS.0000000000002197.
18. Guo J., Zhang J., Wang S., Zhang Y., Yang Y., Yang X. et al. Surgical outcomes and complications of posterior hemivertebra resection in children younger than 5 years old. *J Orthop Surg Res*. 2016;11(1):48. doi: 10.1186/s13018-016-0381-2.
19. Chang D.G., Kim J.H., Ha K.Y., Lee J.S., Jang J.S., Suk S.I. Posterior hemivertebra resection and short segment fusion with pedicle screw fixation for congenital scoliosis in children younger than 10 years: greater than 7-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40(8):E484-491. doi: 10.1097/BRS.0000000000000809.
20. Feng Y., Hai Y., Zhao S., Zang L. Hemivertebra resection with posterior unilateral intervertebral fusion and transpedicular fixation for congenital scoliosis: results with at least 3 years of follow-up. *Eur Spine J*. 2016;25(10):3274-3281. doi: 10.1007/s00586-016-4556-7.
21. Zhuang Q., Zhang J., Li S., Wang S., Guo J., Qiu G. One stage posterior-only lumbosacral hemivertebra resection with short segmental fusion: a more than 2-year follow-up. *Eur Spine J*. 2016;25(5):1567-1574. doi: 10.1007/s00586-015-3995-x.
22. Zhang Y., Yang J., Zhou L., Pan A., Hai Y. Selective hemivertebrae resection in a congenital scoliosis patient with multiple hemivertebrae deformities. *Eur Spine J*. 2017;26(6):1577-1583. doi: 10.1007/s00586-017-4960-7.
23. Huang Y., Feng G., Liu L., Yang X., Song Y., Zhou C. et al. Posterior hemivertebra resection for upper thoracic congenital scoliosis: be aware of high risk of complications. *J Pediatr Orthop B*. 2019;28(1):1-9. doi: 10.1097/BPB.0000000000000538.
24. Qureshi M.A., Pasha I.F., Khalique A.B., Talha M., Afzal W., Ahmad N. et al. Outcome of hemivertebra resection in congenital thoracolumbar kyphosis and scoliosis by posterior approach. *J Pak Med Assoc*. 2015;65(11 Suppl 3):S142-146.
25. Basu S., Tikoo A. Posterior hemivertebrectomy and short segment fixation long term results. *Child Nerv Syst*. 2017;33(2):321-328. doi: 10.1007/s00381-016-3317-6.
26. Zheng F., Cammisa F.P. Jr., Sandhu H.S., Girardi F.P., Khan S.N. Factors predicting hospital stay, operative time, blood loss, and transfusion in patients undergoing revision posterior lumbar spine decompression, fusion, and segmental instrumentation. *Spine*. 2002;27(8):818-824. doi: 10.1097/00007632-200204150-00008.
27. Woods B.I., Rosario B.L., Chen A., Waters J.H., Donaldson W. 3rd, Kang J. et al. The association between perioperative allogeneic transfusion volume and postoperative infection in patients following lumbar spine surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(23):2105-2110. doi: 10.2106/JBJS.L.00979.
28. Dave B.R., Degulmadi D., Dahibhate S., Krishnan A., Patel D. Ultrasonic Bone Scalpel: Utility in Cervical Corpectomy. A Technical Note. *Eur Spine J*. 2019;28(2):380-385. doi: 10.1007/s00586-018-5536-x.
29. Nakase H., Matsuda R., Shin Y., Park Y.S., Sakaki T. The use of ultrasonic bone curettes in spinal surgery (Technical note). *Acta Neurochir*. 2006;148:207-213. doi: 10.1007/s00701-005-0655-7.
30. Wahlquist S., Nelson S., Glivar P. Effect of the Ultrasonic Bone Scalpel on Blood Loss During Pediatric Spinal Deformity Correction Surgery. *Spine Deform*. 2019;7(4):582-587. doi: 10.1016/j.jspd.2018.10.002.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Наумов Денис Георгиевич — канд. мед. наук, младший научный сотрудник, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия. dgnaumov1@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9892-6260>

Мушкин Александр Юрьевич — д-р. мед. наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель Научно-клинического центра патологии позвоночника, руководитель Клиники детской хирургии и ортопедии, ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия. aumushkin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1342-3278>

AUTHORS' INFORMATION:

Denis G. Naumov — Cand. Sci. (Med.), Researcher, Orthopedic Surgeon, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, St. Petersburg, Russia. dgnaumov1@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9892-6260>

Aleksandr Yu. Mushkin — Dr. Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher, Head of the Scientific and Clinical Centre for Spinal Pathology, Head of the Pediatric Surgery and Orthopedic Clinic, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, St. Petersburg, Russia. aumushkin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1342-3278>

Филатов Егор Юрьевич — канд. мед. наук, младший научный сотрудник, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия. filatov@ro.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3390-807X>

Рябых Сергей Олегович — д-р. мед. наук, руководитель клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, заместитель директора по образованию и взаимодействию с регионами, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия. rso_@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>

Челпаченко Олег Борисович — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник, врач травматолог-ортопед, ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, Россия, Москва. chelpachenko81@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0333-3105>

Egor Yu. Filatov — Cand. Sci. (Med.), Researcher, National Ilizarov Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia. filatov@ro.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3390-807X>

Sergey O. Ryabykh — Dr. Sci. (Med.), Head of Spine Pathology and Rare Diseases Clinic, Deputy Director, National Ilizarov Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia. rso_@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>

Oleg B. Chelpachenko — Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, Russia. chelpachenko81@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0333-3105>

Заявленный вклад авторов:

Наумов Д.Г. — разработка дизайна исследования, написание текста рукописи, статистический анализ, обзор литературы.

Мушкин А.Ю. — разработка дизайна исследования, редакция рукописи.

Филатов Е.Ю. — статистический анализ, обзор литературы.

Рябых С.О. — редакция рукописи.

Челпаченко О.Б. — обзор литературы.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.