

## **ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ РЕБЕНКА С ТЯЖЕЛЫМ ПОВРЕЖДЕНИЕМ ГРУДНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА**

**Кокушин Д.Н.<sup>1</sup>, Виссарионов С.В.<sup>1</sup>, Белянчиков С.М.<sup>1</sup>, Хусаинов Н.О.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Пушкин, e-mail: partgerm@yandex.ru*

---

Хирургическое лечение тяжелых осложненных повреждений позвоночника и спинного мозга у пациентов детского возраста является одним из актуальных вопросов современной вертебрологии. Механически и неврологически нестабильные повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника требуют проведения своевременного и адекватного оперативного пособия, направленного на устранение патологической нестабильности поврежденных позвоночно-двигательных сегментов, стеноза позвоночного канала и восстановление физиологических профилей позвоночника. В данной статье представлен клинический опыт лечения пациента с тяжелым повреждением грудного отдела позвоночника с использованием аддитивных технологий. Хирургическое лечение тяжелых нестабильных и осложненных повреждений позвоночного столба у детей должно быть направлено на ликвидацию вертебро-медуллярного конфликта, полноценное исправление посттравматической деформации позвоночника, стабильную фиксацию как непосредственно после операции, так и в процессе дальнейшего роста и развития ребенка. Использование аддитивных технологий при нестабильных и осложненных повреждениях позвоночника у детей позволяет смоделировать само хирургическое вмешательство, получить радикальную коррекцию посттравматической деформации позвоночника, стабильную фиксацию, выполнить полноценную реконструкцию поврежденных позвонков. Использование титанового протеза позвонка индивидуального дизайна обеспечивает предотвращение его проседания и дестабилизации спинальной системы в дальнейшем. Результаты клинического наблюдения дополнены анализом актуальной медицинской периодики с целью рекомендации применения аддитивных технологий при лечении тяжелых повреждений позвоночника у детей врачам травматологам-ортопедам и нейрохирургам, выполняющим подобные оперативные вмешательства у данной категории пациентов.

---

Ключевые слова: переломовывих, травма, позвоночник, аддитивные технологии, хирургическое лечение, дети.

## **THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE SURGICAL TREATMENT OF A CHILD WITH SEVERE DAMAGE TO THE THORACIC SPINE**

**Kokushin D.N.<sup>1</sup>, Vissarionov S.V.<sup>1</sup>, Belyanchikov S.M.<sup>1</sup>, Husainov N.O.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*FSBI «H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery» of Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, e-mail: partgerm@yandex.ru*

---

Surgical treatment of severe complicated injuries of the spine and spinal cord in children is one of the urgent issues of modern vertebrology. Mechanically and neurologically unstable injuries of the thoracic and lumbar spine require timely and adequate surgical assistance aimed at eliminating the pathological instability of the damaged vertebral-motor segments, spinal canal stenosis and restoration of the physiological profiles of the spine. This article presents the clinical experience of treating a patient with severe damage to the thoracic spine using additive technologies. Surgical treatment of severe unstable and complicated injuries of the vertebral column in children should be aimed at eliminating the vertebral-medullary conflict, full-fledged correction of post-traumatic spinal deformity, stable fixation both immediately after surgery and in the process of further growth and development of the child. The use of additive technologies for unstable and complicated spinal injuries in children makes it possible to simulate the surgical intervention itself, obtain a radical correction of post-traumatic spinal deformity, stable fixation, and perform a full-fledged reconstruction of damaged vertebrae. The use of a titanium prosthesis of the vertebral body of individual design ensures the prevention of its sagging and destabilization of the spinal system in the future. The results of clinical observation were supplemented by an analysis of current medical periodicals in order to recommend the use of additive technologies in the treatment of severe spinal injuries in children to orthopedic traumatologists and neurosurgeons performing similar surgical interventions in this category of patients.

---

Keywords: fractures, trauma, spine, additive technologies, surgical treatment, children.



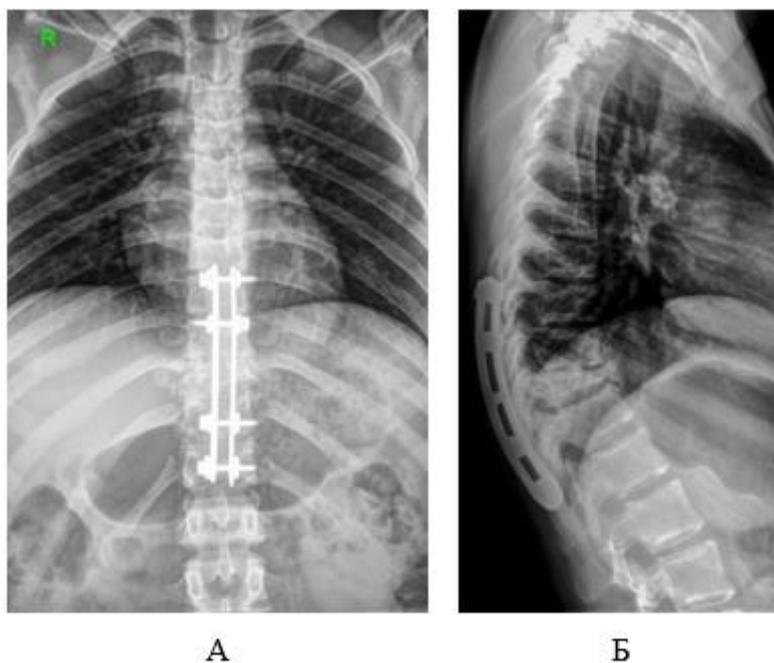
позвоночника, в частности его вентральных отделов, что способствует поддержанию физиологических профилей позвоночного столба, сокращению времени операции, уменьшению интраоперационной кровопотери и снижению риска периоперационных осложнений. Авторы рекомендуют использовать индивидуальные протезы позвонков в случаях сложной реконструкции груднопоясничного отдела позвоночника [12, 13].

Цель исследования – описание случая хирургического лечения ребенка с тяжелым повреждением грудного отдела позвоночника и спинного мозга с использованием аддитивных технологий.

### **Клиническое наблюдение**

Пациент С., 16 лет. Анамнез болезни: ДТП, пассажир автомобиля. В стационаре по месту жительства при поступлении выявлены признаки повреждения позвоночного столба и невралгических структур. Установлен диагноз: Сочетанная автотравма. ЗЧМТ. Ушиб головного мозга тяжелой степени. Переломовывих на уровне Th10 позвонка. Ушиб спинного мозга. Нижняя параплегия. Нарушение функции тазовых органов. Пациенту первично проведено хирургическое вмешательство на позвоночнике по месту жительства – декомпрессивная ламинэктомия Th10 с задним локальным спондилодезом пластинами ЦИТО с фиксацией за остистые отростки Th8-Th9 и Th11-Th12 позвонков. В послеоперационном периоде пациент находился длительное время на постельном режиме в горизонтальном положении в связи с наличием посттравматической кифотической деформации позвоночника, недостаточной стабильностью металлофиксации травмированных позвоночно-двигательных сегментов.

Консультирован в ФГБУ НИДОИ им. Г.И. Турнера – рекомендовано хирургическое лечение повреждения позвоночника. При поступлении ребенок обследован. Рентгенограммы, КТ грудного и поясничного отделов позвоночника: состояние после оперативного лечения переломовывиха на уровне Th10 позвонка, декомпрессивной ламинэктомии Th10 позвонка с задним локальным спондилодезом пластинами ЦИТО за остистые отростки Th8-Th9 и Th11-Th12 позвонков. Сохраняется посттравматический кифоз на уровне Th8-Th10 позвонков 40 градусов по Cobb. Стеноз позвоночного канала на уровне Th10 позвонка костным фрагментом его тела. Компрессионный перелом тела Th9 позвонка (рис. 1).



*Рис. 1. Рентгенограммы позвоночника при поступлении в ФГБУ НИДОИ им. Г.И. Турнера: А – прямая проекция; Б – боковая проекция*

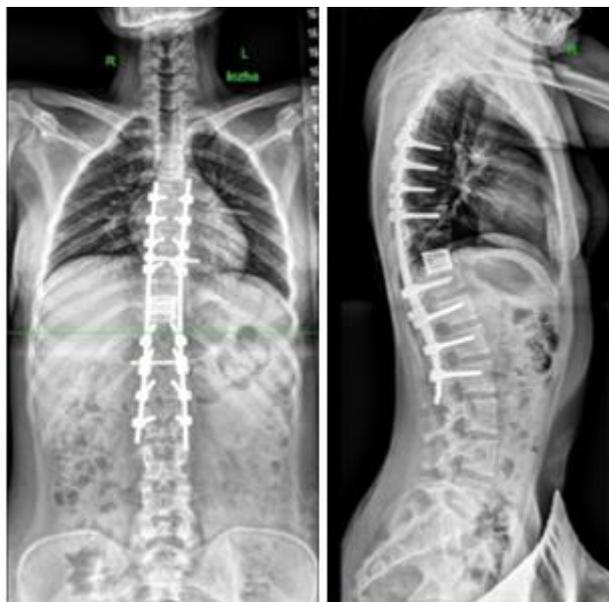
Первым этапом из дорсального доступа выполнено хирургическое вмешательство: демонтаж пластины ЦИТО, ревизия позвоночного канала, декомпрессия позвоночного канала, резекция тела позвонка Th10, репозиция и фиксация транспедикулярной металлоконструкцией, локальный задний спондилодез.

Затем на основании данных КТ позвоночника, выполненной после первого этапа, в программной среде проведено моделирование индивидуального протеза тела позвонка с адаптацией его размеров и конструктивных особенностей, ориентацией поверхностей протеза тела по отношению к пространственному положению позвонков в зоне контакта. На 3D-принтере создана трехмерная пластиковая модель поврежденного отдела позвоночника, проведена установка спинальной системы с учетом данных, полученных на этапе моделирования в программной среде. Осуществлены прототипирование индивидуального протеза тела поврежденного позвонка и его оценка в комплексе с прототипом поврежденного отдела позвоночника. После завершения отработки конструктивных особенностей индивидуального протеза тела позвонка на этапе прототипирования осуществляли его печать на 3D-принтере из титанового порошка. Для оценки предполагаемого результата хирургического вмешательства проводили анализ положения созданного индивидуального титанового протеза тела позвонка, установленного на пластиковую модель позвоночника (рис. 2).



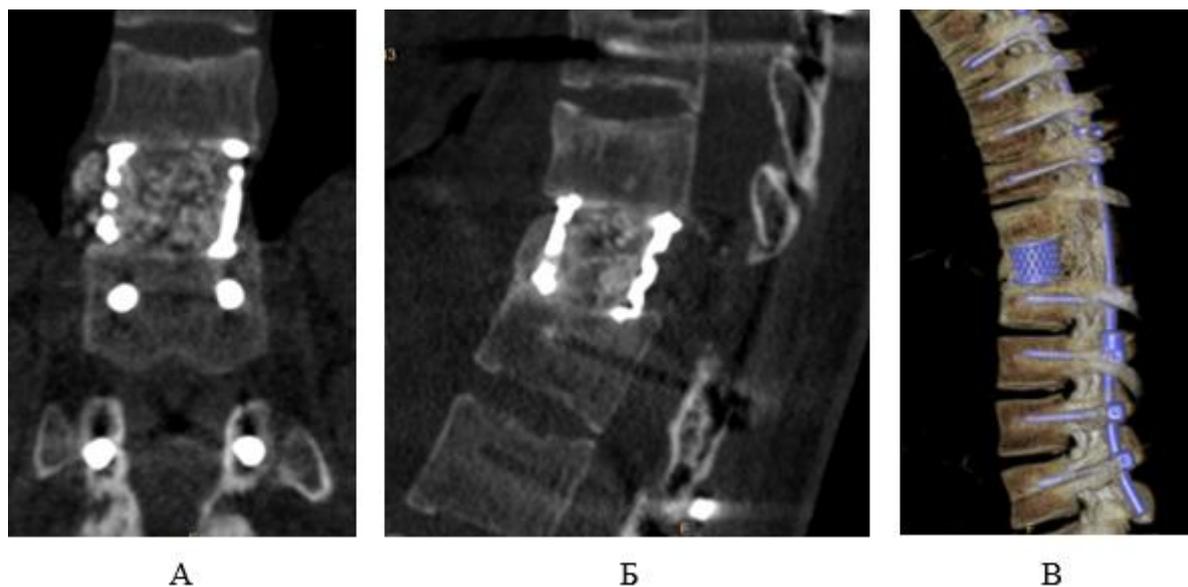
*Рис. 2. Этап 3D-прототипирования и предоперационного планирования индивидуального титанового протеза тела Th10 позвонка: А – компьютерная модель; Б – протез тела позвонка; В – прототипированный сегмент поврежденного отдела позвоночника с установленным протезом тела позвонка*

После создания с помощью аддитивных технологий протеза тела Th10 позвонка выполнен второй этап хирургического вмешательства в объеме реконструкции передней и средней колонн позвоночного столба, корпородеза индивидуальным протезом тела позвонка в сочетании с аутокостью на уровне Th8-Th10 позвонков. Пациент вертикализирован на 2-е сутки после операции (рис. 3).



*Рис. 3. Рентгенограммы позвоночника после проведения завершающего этапа хирургического лечения*

В отдаленном периоде наблюдения при контрольном осмотре и проведении КТ-сканирования позвоночника через 1,5 года после выполненного хирургического вмешательства определяется выраженный костный блок между телами позвонков, расположенными выше и ниже относительно индивидуального титанового протеза тела позвонка. Положение самого установленного протеза тела позвонка стабильное, правильное; проседания краев импланта, контактирующих с замыкательными пластинками тел позвонков, не отмечено (рис. 4).



*Рис. 4. Компьютерная томография позвоночника через 1,5 года после хирургического лечения: А – во фронтальной плоскости; Б – в сагиттальной плоскости; В – 3D-реконструкция позвоночника и установленной многоопорной металлоконструкции с индивидуальным протезом тела позвонка*

Использование аутотрансплантатов из крыла подвздошной кости, ранее применяемых в качестве материала для передней реконструкции позвоночника, обеспечивает высокую скорость образования полноценного корпородеза, однако сообщалось об осложнениях донорской зоны. Проведенный ретроспективный анализ 25 случаев использования только аутокости и 18 случаев, в которых для реконструкции тела поврежденного позвонка при нестабильных переломах грудного и поясничного отделов позвоночника использовался титановый сетчатый имплантат в сочетании с губчатой аутокостью, показал преимущество последнего [7]. По данным А.Н. Мазуренко с соавторами, из 356 операций межтелового переднего спондилодеза у 74 пациентов в возрасте 15–56 лет с нестабильными переломами позвоночника отмечалось внедрение имплантата в тела смежных позвонков. К вероятным причинам внедрения авторы отнесли избыточный вес пациента, сильно развитую

мускулатуру, повреждение замыкательной пластины, локальную резорбцию костной ткани и остеопению (остеопороз). Немаловажную роль, по мнению авторов, играет также малая площадь опоры концов имплантата, толщина стенки которого составляет всего 1–1,2 мм [11].

Рядом авторов отмечены также случаи переломов титановых сетчатых имплантатов, потребовавших проведения ревизионной операции. Данные осложнения авторы связывают с нестабильностью, проседанием и усталостными напряжениями в самом материале имплантата [10, 14].

Проведенный А.А. Вишневым с соавторами обзор литературы показал, что титановые имплантаты наиболее распространены в хирургии позвоночника и представлены мешами, кейджами, лифтовыми системами, транспедикулярными винтами, пластинами и динамическими системами межостистой фиксации. Авторы отмечают, что по мере приобретения практического опыта хирурги-вертебрологи выявляют недостатки титановых имплантатов, обусловленные их низкой адгезивной способностью, пролабированием имплантата в тела смежных позвонков или его миграцией. Для нивелирования эффекта subsidence рекомендовано применять металлические заглушки в целях увеличения площади поверхности имплантата в месте его соприкосновения с костью. Кроме того, имеются работы по структурированию титановых поверхностей для улучшения остеоиндуктивных, остеокондуктивных и адгезивных свойств имплантатов [15].

### **Заключение**

Хирургическое лечение тяжелых нестабильных и осложненных повреждений позвоночного столба у детей должно быть направлено на ликвидацию вертебро-медуллярного конфликта, полноценное исправление посттравматической деформации позвоночника, стабильную фиксацию как непосредственно после операции, так и в процессе дальнейшего роста и развития ребенка.

Использование аддитивных технологий при нестабильных и осложненных повреждениях позвоночника у детей позволяет смоделировать само хирургическое вмешательство, получить радикальную коррекцию посттравматической деформации позвоночника, стабильную фиксацию, выполнить полноценную реконструкцию поврежденных позвонков. Применение титанового протеза тела позвонка индивидуального дизайна обеспечивает предотвращение его проседания и дестабилизации спинальной системы в дальнейшем.

### **Список литературы**

1. Виссарионов С.В., Дроздецкий А.П., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М. Оперативное

лечение пациентки с переломовывихом в грудном отделе позвоночника // Хирургия позвоночника. 2011. № 3. С. 21-25.

2. Виссарионов С.В., Белянчиков С.М., Солохина И.Ю., Икоева Г.А., Кокушин Д.Н. Неврологические нарушения у детей с осложненными повреждениями позвоночника в грудном и поясничном отделах до и после хирургического лечения // Хирургия позвоночника. 2014. № 3. С. 8-21.

3. Баиндурашвили А.Г., Солохина И.Ю., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М. Анализ влияния различных факторов на динамику неврологических нарушений у детей с позвоночно-спинномозговой травмой // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2015. Т. 3. № 4. С. 12-21.

4. Баиндурашвили А.Г., Виссарионов С.В., Павлов И.В., Кокушин Д.Н., Леин Г.А. Консервативное лечение детей с компрессионными переломами позвонков грудной и поясничной локализации в Российской Федерации (обзор литературы) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2016. Т. 4. № 1. С. 48-56.

5. Зайцева М.В., Соколова В.В. Результаты субъективной оценки родителями деятельности детской неврологической службы в условиях муниципального здравоохранения // Медицина и организация здравоохранения. 2019. Т. 4. № 2. С. 30-36.

6. Соколова В.В., Зайцева М.В. Оценка заболеваемости болезнями нервной системы детского населения Ростовской области // Медицина: теория и практика. 2019. Т. 4. № 2. С. 12-18.

7. Kang C.N., Cho J.L., Suh S.P., Choi Y.H., Kang J.S., Kim Y.S. Anterior operation for unstable thoracolumbar and lumbar burst fractures: tricortical autogenous iliac bone versus titanium mesh cage. J. Spinal Disord. Tech. 2013. Vol. 26 (7). P. E265-71. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182867489.

8. Белецкий А.В., Мазуренко А.Н., Макаревич С.В., Воронович И.Р. Применение сетчатых титановых имплантатов для замещения грудных и поясничных позвонков // Медицинские новости. 2015. № 5. С. 32-35.

9. Kaliciński M., Szczeńniak A., Kalisz J., Teşiorowski M. Anterior fixation of thoracolumbar traumatic spinal injuries. Ortop Traumatol Rehabil. 2015. Vol. 17 (1). P. 7-20. DOI: 10.5604/15093492.1143526.

10. Klezl Z., Bagley C.A., Bookland M.J., Wolinsky J.P., Rezek Z., Gokaslan Z.L. Harms titanium mesh cage fracture. Eur. Spine J. 2007. Vol. 16 (3). P. 306-310. DOI: 10.1007/s00586-007-0377-z.

11. Мазуренко А.Н., Пустовойтенко В.Т., Макаревич С.В., Криворот К.А., Сомова И.Н. Варианты внедрения сетчатого титанового имплантата в тела поясничных позвонков при

переднем спондилодезе // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15. № 3. С. 23-29. DOI: 10.14531/ss2018.3.23-29.

12. Fang T., Zhang M., Yan J., Zhao J., Pan W., Wang X., Zhou Q. Comparative analysis of 3D-Printed artificial vertebral body versus titanium mesh cage in repairing bone defects following single-level anterior cervical corpectomy and fusion. Med Sci Monit. 2021. Vol. 27. P. e928022. DOI: 10.12659/MSM.928022.

13. Wang Y., Zhang X., Zhang Y., Zhang H., Sun H., Hao D., Wang B. One-stage posterior en-bloc spondylectomy following reconstruction with individualized 3D printed artificial vertebrae for multi-segment thoracolumbar metastases: case report and literature review. Am J. Transl Res. 2021. Vol. 13 (1). P. 115-123.

14. Wang S.J., Liu X.M., Zhao W.D., Wu D.S. Titanium mesh cage fracture after lumbar reconstruction surgery: a case report and literature review. Int J. Clin Exp Med. 2015. Vol. 8 (4). P. 5559-5564.

15. Вишнеvский А.А., Казбанов В.В., Баталов М.С. Титановые имплантаты в вертебрологии: перспективные направления // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12. № 4. С. 49-55. DOI: 10.14531/ss2015.4.49-55.