



ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХУРОВНЕВОГО НАВИГАЦИОННОГО ШАБЛОНА ПРИ ГРУДНЫХ ПОЛУПОЗВОНКАХ У ДЕТЕЙ СТАРШЕГО ВОЗРАСТА

А.В. Косулин, Д.В. Елякин, Л.А. Корниевский, А.М. Дарковская, И.А. Булатова, А.А. Пашко

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Оценка эффективности и безопасности использования трехуровневого навигационного шаблона при хирургическом лечении врожденных деформаций позвоночника.

Материал и методы. Трехуровневые навигационные шаблоны были использованы при хирургическом лечении четырех последовательно оперированных пациентов 10–17 лет с врожденными деформациями позвоночника на фоне грудных полупозвонков. Корректность стояния винтов после операции оценивали по данным КТ по системе двухмиллиметровых инкрементов: класс 0 – внутрикостное расположение винта; класс 1 – винт выходит за пределы кортикального слоя не более чем на 2 мм; класс 2 – винт выходит за пределы кортикального слоя на 2–4 мм; класс 3 – винт выходит за пределы кортикального слоя более чем на 4 мм. Для обработки DICOM-данных предоперационных КТ использовали свободное программное обеспечение. Модель зоны интереса и навигационный шаблон распечатывали на 3D-принтере и использовали на операции.

Результаты. Прогностически трудными для имплантации с планируемым нарушением целостности замыкательной пластинки оказались 4 (25 %) из 16 корней дуги с шириной ножки менее 4,35 мм. Перфорация наружного кортикального слоя имела место при этом во всех случаях, причем только при ширине ножки 1,9 мм положение винта соответствовало классу 2. При ширине ножки более 4,35 мм внутрикостное расположение винта (класс 0) достигнуто в 11 (91,7 %) из 12 случаев: в одном винт выступал за пределы кортикального слоя на 0,8 мм (класс 1).

Заключение. Трехуровневый навигационный шаблон может рассматриваться как эффективное средство позиционирования транспедикулярных винтов при вторичных изменениях смежных с аномальным сегментов, затрудняющих имплантацию. Для подготовки 3D-модели зоны интереса и создания навигационного шаблона достаточно свободного программного обеспечения, при этом такая модель является высокоинформативным референтным объектом, который удобно использовать в ходе операции. Изготовленный с помощью 3D-печати навигационный шаблон не требует использования дорогостоящего оборудования, что может сделать выполнение операций при врожденном сколиозе более доступным.

Ключевые слова: 3D-печать, навигационный шаблон, врожденный сколиоз.

Для цитирования: Косулин А.В., Елякин Д.В., Корниевский Л.А., Дарковская А.М., Булатова И.А., Пашко А.А. Применение трехуровневого навигационного шаблона при грудных полупозвонках у детей старшего возраста // Хирургия позвоночника. 2020. Т. 17. № 1. С. 54–60.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.1.54-60>.

APPLICATION OF THREE-LEVEL NAVIGATION TEMPLATE IN SURGERY FOR HEMIVERTEBRAE IN ADOLESCENTS

A.V. Kosulin, D.V. Elyakin, L.A. Kornievskiy, A.M. Darkovskaya, I.A. Bulatova, A.A. Pashko

Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia

Objective. To assess efficacy and safety of using a three-level navigation template in the surgical treatment of congenital spinal deformities.

Material and Methods. Three-level navigation templates were used in surgical treatment of four consecutively operated 10–17-year-old patients with congenital scoliosis associated with thoracic hemivertebrae. The correctness of screw position was evaluated according to CT data using a 2-mm increment method: class 0 – intraosseous screw position; class 1 – the screw extends beyond the pedicle cortex by less than 2 mm; class 2 – by 2–4 mm; and class 3 – by more than 4 mm. Preoperative DICOM data were processed with free software. The model of target zone and navigation template were 3D printed and used in surgery.

Results. Four of 16 (25 %) pedicles were narrower than 4.35 mm and were estimated as difficult for implantation with a planned violation of the integrity of the endplate. Perforation of the outer cortical layer took place in all these cases, and screw position corresponded to class 2 only in pedicle width of 1.9 mm. In pedicles wider than 4.35 mm, 11 of 12 (91.7 %) screws were implanted intraosseously. One screw extended beyond the pedicle cortex by 0.8 mm (class 1).

Conclusion. Three-level navigation template can be considered as an effective means of positioning transpedicular screws in secondarily changed segments adjacent to anomalous one and confounding implantation. Free software is sufficient for preparing 3D-model of target zone and navigation template, and such a model is a highly informative reference object that is convenient to use during the operation. A navigation template made using 3D printing does not require the use of expensive equipment, which can make surgery for congenital scoliosis more accessible.

Key Words: 3D printing, navigation template, congenital scoliosis.

Please cite this paper as: Kosulin AV, Elyakin DV, Kornievskiy LA, Darkovskaya AM, Bulatova IA, Pashko AA. Application of three-level navigation template in surgery for hemivertebrae in adolescents. Hir. Pozvonoc. 2020;17(1):54–60. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.1.54-60>.

Все большее распространение в медицине по мере удешевления и повышения доступности оборудования и расходных материалов получает 3D-печать, как технология изготовления физических объектов на основе цифровых данных. В хирургии позвоночника, мозгового и лицевого черепа, среднего уха, гортани, сердца [1–7] объект вмешательства является сложной трехмерной структурой, подверженной индивидуальной вариабельности, скульптурное воспроизведение которой – новая модальность визуализации, дополняющая традиционные двумерные изображения, облегчающая предоперационное планирование и способствующая повышению безопасности и снижению травматичности операции [8]. При необходимости высокоточной имплантации 3D-печать делает возможным изготовление персонализированного навигационного инструмента, позволяющего воспроизвести определенные в ходе моделирования операции направления и расстояния [9].

Сложность корригирующих операций при врожденных аномалиях позвонков, как правило, определяется анатомическими особенностями зоны порока и смежных с аномалией сегментов. При этом, если общие принципы экстирпации полупозвонков с инструментальной коррекцией деформации хорошо известны [10, 11], техника имплантации транспедикулярных винтов вблизи вершины деформации может представлять определенные трудности из-за анатомических особенностей корней дуг (их малых размеров), при проведении через которые повышается риск некорректного положения опорных элементов, в том числе – повреждения невральных структур.

Цель исследования – оценка эффективности и безопасности использования трехуровневого на-

вигационного шаблона при хирургическом лечении врожденных деформаций позвоночника.

Материал и методы

Трехуровневые навигационные шаблоны использованы при хирургическом лечении четырех последовательно оперированных пациентов 10–17 лет с врожденными деформациями позвоночника на фоне грудных полупозвонков.

Демографические и клинико-рентгенологические данные включенных в исследование пациентов приведены в табл. 1.

При предоперационном планировании наличие любого из фронтальных размеров корней дуг (высоты или ширины) величиной менее 4,35 мм (минимальный диаметр транспедикулярного винта стандартного имплантируемого набора) относило данный уровень к потенциально трудной (некорректной) имплантации винта. Для обработки DICOM-данных предоперационных КТ использовали программное обеспечение со свободным доступом. С помощью порогового эффекта плотности (Threshold Effect) в программе Slicer создавалась виртуальная трехмерная модель зоны интереса, захватывающая аномальный и смежные с ним позвонки. Далее в программе

Autodesk Meshmixer проводили первичную обработку модели с устранением избыточных элементов и ориентацию в пространстве. В 3D-редакторе Blender выполняли визуализацию плоскостных сечений запланированных к имплантации позвонков и позиционирование цилиндрических фигур (виртуального сверла) по оптимальным транспедикулярным траекториям. Такой же цилиндр размещали соответственно ножке полупозвонка (рис. 1а). При прогностически трудной имплантации планировали юкстапедикулярное прохождение сверла с перфорацией наружного кортикального слоя. Путем вычитания из модели фигур виртуального сверла создавали цилиндрические дефекты, соответствующие положению оптимальных транспедикулярных трасс. Таким образом, в каждой модели было сформировано 5 трасс, проходящих через ножки полупозвонка и двух смежных позвонков. На основе трехмерных графических примитивов формировали опорную площадку навигационного шаблона, соответствующую трем смежным позвонкам, придавая ей форму отпечатка задних структур позвонков при помощи алгоритма проецирования (модификатор ShrinkWrap). В позиции виртуального сверла помещали полые цилиндрические фигуры тубусов-направителей, объединением которых с опорной площадкой созда-

Таблица 1

Общая половозрастная и анатомическая характеристика патологии пациентов, включенных в исследование

Пациент	Пол	Возраст, лет	Локализация полупозвонка	Величина вершинной сколиотической деформации по Cobb, град.
1-й	М	12	Th ₁₁ s	27
2-й	Ж	17	Th ₃ s	26
3-й	Ж	12	Th ₉ s	32
4-й	М	10	Th ₉ s	40

**Рис. 1**

Этапы предоперационного моделирования и операционного использования трехуровневого шаблона: **а** – виртуальное моделирование операции; **б** – виртуальная модель навигационного шаблона с пятью тубусами-направителями; **в, г** – готовый трехуровневый шаблон, вид с дорсальной (**в**) и вентральной (**г**) сторон; **д** – использование шаблона во время операции

вали навигационный шаблон (рис. 16). Модель зоны интереса и навигационный шаблон экспортировали в формат STL и распечатывали на 3D-принтере из материала PLA (рис. 1в, г).

Готовые изделия после низкотемпературной стерилизации использовали во время хирургического вмешательства. Задние структуры позвонков идентифицировали по костным ориентирам, используя 3D-модель в качестве референтного объекта, и тщательно скелетировали. Далее на задние структуры помещали опорную площадку навигационного шаблона, контролировали ее стабильность и через тубусы-направители сверлом формировали транспедикулярные трассы (рис. 1д). Целостность костных стенок контролировали зондом. В смежные с аномальным позвонки устанавливали транспедикулярные винты (минимальный диаметр 4,35 мм). Тело полупозвонка резецировали через сформированную транспедикулярную

трассу по типу egg shell с последующей инструментальной коррекцией деформации [11].

В послеоперационном периоде всем больным выполняли КТ. Корректность стояния винтов оценивали по системе двухмиллиметровых инкрементов [12]: класс 0 – внутрикостное расположение винта; класс 1 – винт выходит за пределы кортикального слоя не более чем на 2 мм; класс 2 – винт выходит за пределы кортикального слоя на 2–4 мм; класс 3 – винт выходит за пределы кортикального слоя более чем на 4 мм.

Результаты

Полученные на этапе предоперационного планирования размерные характеристики запланированных к имплантации позвонков апикальной дуги, а также послеоперационная оценка стояния транспедикулярных винтов приведены в табл. 2.

Таким образом, прогностически трудными для имплантации с планируемым нарушением целостности замыкательной пластинки оказались 4 (25%) из 16 корней дуги с шириной ножки менее 4,35 мм. Перфорация наружного кортикального слоя имела место при этом во всех случаях (рис. 2), причем только при ширине ножки 1,9 мм положение винта соответствовало классу 2.

При величине дуги более 4,35 мм внутрикостное расположение винта (класс 0) достигнуто в 11 (91,7%) из 12 случаев, в одном винт выступал за пределы кортикального слоя на 0,8 мм (класс 1).

Обсуждение

Среди обширного числа публикаций, посвященных опыту применения навигационных шаблонов в спинальной хирургии, большая часть фокусируется на установке опорных элементов в шейные позвонки у взрослых пациентов [13–19]. Близкое по тематике к нашему исследованию Д.Н. Кокушина и соавт. [20] ограничивается применением навигационных шаблонов при полупозвонках *in vitro*, в то время как сведений о клиническом применении метода у однородной группы больных с пороком развития позвоночника нам обнаружить не удалось.

Большинство авторов предпочитает распечатывать не только навигационный шаблон, но и модель зоны интереса [13–15, 17–19, 21–25], хотя этот этап не всегда рассматривается как обязательный [16, 26–28]. На наш взгляд, модель зоны интереса повышает качество предоперационного планирования, упрощает объяснение сути патологии и предстоящей операции пациентам и их представителям, облегчает ориентирование в операционной ране, а также может быть использована в образовательном процессе. Эти свойства модели в значительной степени определяются субъективными впечатлениями, для объективизации которых необходимо проведение опросного исследования.

Имеются указания на такой недостаток навигационного шаблона, как необходимость тщательного скелетирования задних структур позвонков, что приводит к большей кровопотере и травматизации тканей [29].

Вместе с тем планирование артродезирующей операции само по себе требует скелетирования задних структур как одного из условий формирования полноценного локального костного блока.

В большинстве исследований использованы одноуровневые навигационные шаблоны, позволяющие избежать неточностей, связанных со смещением соседних позвонков при изменении положения тела [13, 14, 16–19, 23, 25].

Вместе с тем исследование Р.А. Коваленко с соавт. [30] демонстрирует более высокую стабильность шаблона и, соответственно, большую точность имплантации при увеличении суммарной площади опоры, в частности, улучшение краниокаудальной стабильности при увеличении расстояния между крайними опорными точками в сагиттальной плоскости. Таким образом, при транспедикулярной фиксации в маломобильной зоне предпочтительно использование единого навигационного шаблона, что позволяет более надежно позиционировать опорную площадку, а также минимизировать затраты времени, связанные с последовательной установкой нескольких шаблонов. В свою очередь, применение многоуровневого шаблона, состоящего из нескольких опорных площадок, соединенных гибкими вставками, представляется излишним [29].

Для преодоления такого источника ошибок при навигации, как смещение соседних позвонков, предложено выполнять предоперационную КТ в положении пациента на животе, однако гарантировать точного соответствия положения тела в томографе и его позиционирования на операционном столе не представляется возможным [27, 28]. В то же время при врожденных грудных сколиозах на фоне полупозвонков апикулярная дуга, представленная полупозвонком и смежными позвонками, как правило, маломобильна, что обеспечивает стабильность трехуровневого шаблона.

При подготовке 3D-модели зоны интереса и создании навигационного шаблона достаточно программного обеспечения со свободным доступом, при этом такая модель является высокоинформативным референтным объектом, который удобно использо-

Таблица 2

Минимальные размеры ширины ножек смежных с аномальным позвонком и послеоперационная оценка корректности положения винтов

Пациент	Уровень и сторона	Ширина ножки, мм	Класс корректности стояния винта
1-й	Th ₁₀ слева	2,7	1
	Th ₁₀ справа	5,2	0
	Th ₁₂ слева	6,8	0
	Th ₁₂ справа	2,4	1
2-й	Th ₂ слева	5,3	0
	Th ₂ справа	4,9	1
	Th ₄ слева	8,3	0
	Th ₄ справа	1,9	2
3-й	Th ₈ слева	4,9	0
	Th ₈ справа	5,7	0
	Th ₁₀ слева	4,9	0
	Th ₁₀ справа	4,9	0
4-й	Th ₈ слева	2,9	1
	Th ₈ справа	4,6	0
	Th ₁₀ слева	6,7	0
	Th ₁₀ справа	4,9	0

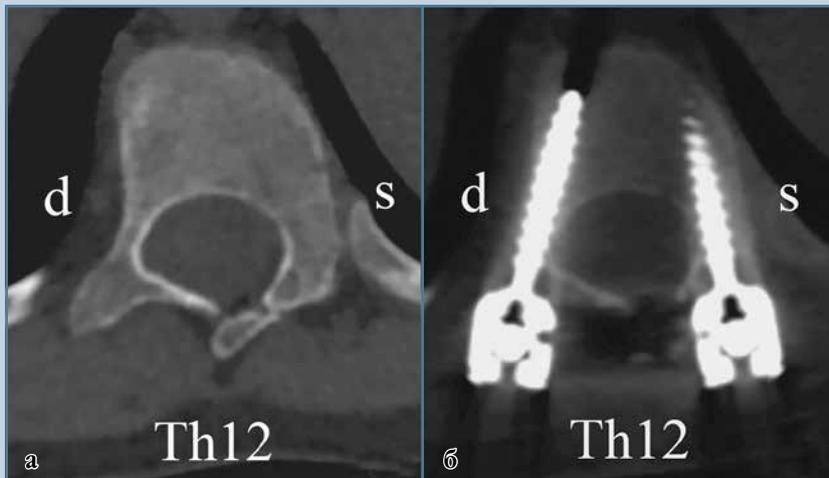


Рис. 2

Смежный с аномальным позвонком: предоперационная (а) и послеоперационная (б) томограммы: а – прогностически трудная имплантация с правой стороны (ширина ножки 2,4 мм); б – с правой стороны винт перфорирует наружную кортикальную пластинку (класс 1)

вать в ходе операции. Изготовленный с помощью 3D-печати навигационный шаблон не требует использования дорогостоящего оборудования, что может представлять альтернативу используемой в настоящее время КТ-навигации и сделать более доступными выполнение рассматриваемых операций в учреждениях, ее не имеющих.

Заключение

Трехуровневый навигационный шаблон является эффективным и безопасным средством позиционирования транспедикулярных винтов при грудных полупозвонках у детей, в том числе при выраженных изменениях смежных с аномальным сегментов.

Ограничения данного исследования: небольшое число случаев, отсутствие группы сравнения.

Всеми авторами внесен равный вклад в подготовку данной статьи. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Wilcox B, Mobbs RJ, Wu AM, Phan K. Systematic review of 3D printing in spinal surgery: the current state of play. *J Spine Surg.* 2017;3:433–443. DOI: 10.21037/jss.2017.09.01.
2. Aydin HE, Kaya I, Aydin N, Kizmazoglu C, Karakoc F, Yurt H, Husemoglu RB. Importance of three-dimensional modeling in cranioplasty. *J Craniofac Surg.* 2019;30:713–715. DOI: 10.1097/SCS.00000000000005121.
3. Филатова О.О., Климов А.Г., Селезнев Б.В. Использование смеси трикальцийфосфата и полимолочной кислоты в качестве материалов для трехмерной печати аллопластических блоков // Педиатр. 2017. Т. 8. № 3. С. 47–50. [Filatova OO, Klimov AG, Seleznev BV. The usage of combination of tricalcium phosphate and polylactic acid as materials for 3D printing of alloplastic blocks. *Pediatrician (St Petersburg).* 2017;8(3):47–50. In Russian]. DOI: 10.17816/PED8347-50.
4. Власова Г.В., Павлов П.В. Врожденная холестеатома среднего уха у детей. Ретроспективный анализ 23 наблюдений // Вестник оториноларингологии. 2017. Т. 82. № 55. С. 59–60. [Vlasova GV, Pavlov PV. Congenital middle ear cholesteatoma in children: retrospective analysis of 23 cases. *Vestnik otorinolaringologii.* 2017;82(55):59–60. In Russian].
5. Захарова М.Л., Павлов П.В. Врожденные пороки развития гортани у детей // Российская оториноларингология. 2017. № 1(86). С. 31–35. [Zaharova ML, Pavlov PV. Congenital larynx diseases in children. *Russian otorhinolaryngology.* 2017;86(1):31–35. In Russian].
6. Hamdan AL, Haddad G, Haydar A, Hamade R. The 3D printing of the paralyzed vocal fold: added value in injection laryngoplasty. *J Voice.* 2018;32:499–501. DOI: 10.1016/j.jvoice.2017.07.011.
7. Giannopoulos AA, Mitsouras D, Yoo SJ, Liu PP, Chatzizisis YS, Rybicki JF. Applications of 3D printing in cardiovascular diseases. *Nat Rev Cardiol.* 2016;13:701–718. DOI: 10.1038/nrcardio.2016.170.
8. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomed Eng Online.* 2016;15:115. DOI: 10.1186/s12938-016-0236-4.
9. Wu AM, Lin JL, Kwan KYH, Wang XY, Zhao J. 3D-printing techniques in spine surgery: the future prospects and current challenges. *Expert Rev Med Devices.* 2018;15:399–401. DOI: 10.1080/17434440.2018.1483234.
10. Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю. Хирургическое лечение пороков развития позвоночника у детей. СПб., 2007. [Ulrich EV, Mushkin AYU. *Surgical Correction of Congenital Spinal Abnormalities in Children.* St. Petersburg, 2007. In Russian].
11. Ratliff JK, Nasser R. Hemivertebrae resection. In: *Operative Techniques: Spine Surgery*, 3rd ed. Ed. by Vaccar AR, Baron EM. Elsevier; 2018:398–402.
12. Aoude AA, Fortin M, Figueiredo R, Jarzem P, Ouellet J, Weber MH. Methods to determine pedicle screw placement accuracy in spine surgery: a systematic review. *Eur Spine J.* 2015;24:990–1004. DOI: 10.1007/s00586-015-3853-x.
13. Бурцев А.В., Павлова О.М., Рябых С.О., Губин А.В. Компьютерное 3D-моделирование с изготовлением индивидуальных лекал для навигирования введения винтов в шейном отделе позвоночника // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15. № 2. С. 33–38. [Burtsev AV, Pavlova OM, Ryabikh SO, Gubin AV. Computer 3D-modeling of patient-specific navigational template for cervical screw insertion. *Hir. Pozvonoc.* 2018;15(2):33–38. In Russian]. DOI: 10.14531/ss2018.2.33-38.
14. Коваленко Р.А., Руденко В.В., Кашин В.А., Черebilло В.Ю., Пташников Д.А. Применение индивидуальных 3D-навигационных матриц для транспедикулярной фиксации субаксиальных шейных и верхнегрудных позвонков // Хирургия позвоночника. 2019. Т. 16. № 2. С. 35–41. [Kovalenko RA, Rudenko VV, Kashin VA, Cherebillo VYu, Ptashnikov DA. Application of patient-specific 3D navigation templates for pedicle screw fixation of subaxial and upper thoracic vertebrae. *Hir. Pozvonoc.* 2019;16(2):35–41. In Russian]. DOI: 10.14531/ss2019.2.35-41.
15. Deng T, Jiang M, Lei Q, Cai L, Chen L. The accuracy and the safety of individualized 3D printing screws insertion templates for cervical screw insertion. *Comput Assist Surg (Abingdon).* 2016;21:143–149. DOI: 10.1080/24699322.2016.1236146.
16. Kaneyama S, Sugawara T, Sumi M. Safe and accurate midcervical pedicle screw insertion procedure with the patient-specific screw guide template system. *Spine.* 2015;40:E341–E348. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000772.
17. Pu X, Luo C, Lu T, Yao S, Chen Q. Clinical application of atlantoaxial pedicle screw placement assisted by a modified 3d-printed navigation template. *Clinics (Sao Paulo).* 2018;73:e259. DOI: 10.6061/clinics/2018/e259.
18. Sugawara T, Higashiyama N, Kaneyama S, Sumi M. Accurate and simple screw insertion procedure with patient-specific screw guide templates for posterior C1–C2 fixation. *Spine.* 2017;42:E340–E346. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001807.
19. Wang F, Li CH, Liu ZB, Hua ZJ, He YJ, Liu J, Liu YX, Dang XQ. The effectiveness and safety of 3-dimensional printed composite guide plate for atlantoaxial pedicle screw: A retrospective study. *Medicine (Baltimore).* 2019;98:e13769. DOI: 10.1097/MD.00000000000013769.
20. Кокушин Д.Н., Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Овечкина А.В., Познович М.С. Сравнительный анализ положения транспедикулярных винтов у детей с врожденным сколиозом: метод «свободной руки» (*in vivo*) и шаблоны-направители (*in vitro*) // Травматология и ортопедия России. 2018. Т. 24. № 4. С. 53–63. [Kokushin DN, Vissarionov SV, Baindurashvili AG, Ovechkina AV, Poznovich MS. Comparative analysis of pedicle screw placement in children with congenital scoliosis: freehand technique (*in vivo*) and guide templates (*in vitro*). *Travmatologiya I Ortopediya Rossii [Traumatology and Orthopedics of Russia]*. 2018;24(4):53–63. In Russian]. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-53-63.
21. Косулин А.В., Елякин Д.В., Лебедева К.Д., Сухомлинова А.Е., Козлова Е.А., Орехова А.Е. Применение навигационного шаблона для прохождения ножки позвонка при транспедикулярной фиксации // Педиатр. 2019. Т. 10. № 3. С. 45–50. [Kosulin AV, Elyakin DV, Lebedeva KD, Sukhomlinova AE, Kozlova EA, Orekhova AE.

- Navigation template for vertebral pedicle passage in transpedicular screw fixation. *Pediatrician (St. Petersburg)*. 2019;10(3):45–50. In Russian. DOI: 10.17816/PED10345-50.
22. **Cecchinato R, Berjano P, Zerbi A, Damilano M, Redaelli A, Lamartina C.** Pedicle screw insertion with patient-specific 3D-printed guides based on low-dose CT scan is more accurate than free-hand technique in spine deformity patients: a prospective, randomized clinical trial. *Eur Spine J*. 2019;28:1712–1723. DOI: 10.1007/s00586-019-05978-3.
 23. **Garg B, Gupta M, Singh M, Kalyanasundaram D.** Outcome and safety analysis of 3D-printed patient-specific pedicle screw jigs for complex spinal deformities: a comparative study. *Spine J*. 2019;19:56–64. DOI: 10.1016/j.spinee.2018.05.001.
 24. **Li X, Zhang Y, Zhang Q, Zhao C, Liu K.** Clinical application of a drill guide template for pedicle screw placement in severe scoliosis. *Acta Orthop Bras*. 2017;25:67–70. DOI: 10.1590/1413-785220172502138828.
 25. **Lu T, Liu C, Dong J, Lu M, Li H, He X.** Cervical screw placement using rapid prototyping drill templates for navigation: a literature review. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2016;11:2231–2240. DOI: 10.1007/s11548-016-1414-3.
 26. **Fan Y, Du J, Zhang J, Liu S, Xue X, Huang Y, Zhang J, Hao D.** Comparison of accuracy of pedicle screw insertion among 4 guided technologies in spine surgery. *Med Sci Monit*. 2017;23:5960–5968. DOI: 10.12659/MSM.905713.
 27. **Liu K, Zhang Q, Li X, Zhao C, Quan X, Zhao R, Chen Z, Li Y.** Preliminary application of a multi-level 3D printing drill guide template for pedicle screw placement in severe and rigid scoliosis. *Eur Spine J*. 2016;26:1684–1689. DOI: 10.1007/s00586-016-4926-1.
 28. **Merc M, Drstvensek I, Vogrin M, Brajlilh T, Friedrich T, Recnik G.** Error rate of multi-level rapid prototyping trajectories for pedicle screw placement in lumbar and sacral spine. *Chin J Traumatol*. 2014;17:261–266.
 29. **Azimifar F, Hassani K, Saveh AH, Ghomsheh FT.** A medium invasiveness multi-level patient's specific template for pedicle screw placement in the scoliosis surgery. *Biomed Eng Online*. 2017;16:130. DOI: 10.1186/s12938-017-0421-0.
 30. **Коваленко Р.А., Кашин В.А., Черebilло В.Ю., Шарифов Р.М., Мирончук Р.Р., Акопов А.Л., Иванов В.А.** Определение оптимального дизайна навигационных матриц для транспедикулярной имплантации в шейном и грудном отделах позвоночника: результаты кадавер-исследования // Хирургия позвоночника. 2019. Т. 16. № 4. С. 77–83. [Kovalenko RA, Kashin VA, Cherebillo VYu, Sharifov RM, Mironchuk RR, Akopov AL, Ivanov VA. Determination of optimal design of navigation templates for transpedicular implantation in the cervical and thoracic spine: results of cadaveric studies. *Hir. Pozvonoc*. 2019;16(4):77–83. In Russian]. DOI: 10.14531/ss2019.4.77-83.

Адрес для переписки:

Косулин Артем Владимирович
194100, Россия, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2,
Санкт-Петербургский государственный педиатрический
медицинский университет,
hackenlad@mail.ru

Address correspondence to:

Kosulin Artem Vladimirovich,
Saint-Petersburg State Pediatric Medical University,
2 Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, Russia,
hackenlad@mail.ru

Статья поступила в редакцию 13.01.2020

Рецензирование пройдено 24.01.2020

Подписано в печать 30.01.2020

Received 13.01.2020

Review completed 24.01.2020

Passed for printing 30.01.2020

Артем Владимирович Косулин, ассистент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии им. проф. Ф.И. Валькера, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2, ORCID: 0000-0002-9505-222X, hackenlad@mail.ru;

Дмитрий Викторович Елякин, детский хирург хирургического отделения № 2, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2, ORCID: 0000-0002-6575-7464, dimaelkins@mail.ru;

Леонид Александрович Корниевский, ассистент кафедры оториноларингологии, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2, ORCID: 0000-0002-8635-1666, korni-leonid@yandex.ru;

Александра Максимовна Дарковская, студентка педиатрического факультета, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2, ORCID: 0000-0002-2511-9679, sashadarkovskaya@mail.ru;

Ирина Анатольевна Булатова, канд. мед. наук, доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии им. проф. Ф.И. Валькера, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2, ORCID: 0000-0002-1112-6966, irbulat@mail.ru;

Анна Анатольевна Пашко, канд. мед. наук, доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии им. проф. Ф.И. Валькера, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2, ORCID: 0000-0002-6413-6113, kaf.oxta@mail.ru.

Artem Vladimirovich Kosulin, assistant Professor, Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy n.a. F.I. Valker, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, ORCID: 0000-0002-9505-222X, hackenlad@mail.ru;

Dmitry Viktorovich Elyakin, pediatric surgeon, Surgical Department No.2, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, ORCID: 0000-0002-6575-7464, dimaelkins@mail.ru;

Leonid Aleksandrovich Kornievskiy, assistant professor, Department of Otorhinolaryngology, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, ORCID: 0000-0002-8635-1666, korni-leonid@yandex.ru;

Aleksandra Maksimovna Darkovskaya, student, Pediatric Faculty, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, ORCID: 0000-0002-2511-9679, sashadarkovskaya@mail.ru;

Irina Anatolyevna Bulatova, MD, PhD, associate professor, Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy n.a. F.I. Valker, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, ORCID: 0000-0002-1112-6966, irbulat@mail.ru;

Anna Anatolyevna Pashko, MD, PhD, associate professor, Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy n.a. F.I. Valker, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, ORCID: 0000-0002-6413-6113, kaf.oxta@mail.ru.

**Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.А. Цивьяна
проводит индивидуальное тематическое обучение на рабочем месте
в виде краткосрочных курсов повышения квалификации
по следующим циклам:**

1. Эндопротезирование и эндоскопическая хирургия суставов конечностей (80 ч).
2. Современная диагностика, консервативное и хирургическое лечение деформаций позвоночника детского возраста (144 ч).
3. Хирургия заболеваний и повреждений позвоночника (144 ч).
4. Дегенеративные заболевания позвоночника (80 ч).
5. Артроскопия плечевого сустава (80 ч).

**Занятия проводятся по мере поступления заявок.
После прохождения курсов выдается свидетельство о повышении квалификации.**

E-mail: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81