



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОРРЕКТНОСТИ УСТАНОВКИ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНЫХ ВИНТОВ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ДЕТЕЙ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ

Д.Н. Кокушин, С.М. Белянчиков, В.В. Мурашко, К.А. Картавенко, Н.О. Хусаинов

Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Сравнительный анализ корректности установки транспедикулярных опорных элементов при коррекции деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом с использованием 3D-КТ-навигации.

Материал и методы. Проведено хирургическое лечение 96 пациентов 14–18 лет с идиопатическим сколиозом типов I и V по Lenke. В основной группе (n = 66) транспедикулярные винты установлены с применением навигационной станции, в контрольной (n = 30) – по методу freehand. Корректность положения транспедикулярных опорных элементов оценивали по данным послеоперационной КТ позвоночника на основании шкалы Gertzbein.

Результаты. Общее количество транспедикулярных опорных элементов в основной группе составило 1166, в контрольной – 546. В основной группе корректное положение винтов отмечено в 96 % (1119 винтов) наблюдений, некорректное – в 4 % (47 винтов). В контрольной группе корректное положение отмечено только в 78 % (426 винтов) случаев, некорректно установленных винтов было достоверно больше – 22 % (120 винтов). В основной группе некорректно установленные винты в грудном отделе позвоночника выявлены в 4,8 % наблюдений, в поясничном – в 2,5 %; в контрольной группе в грудном отделе 35,1 % некорректно установленных транспедикулярных винтов, в поясничном – 10,1 %.

Заключение. Применение навигационной установки в ходе хирургического вмешательства, направленного на коррекцию деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом различной локализации, позволяет значительно увеличить количество корректно установленных транспедикулярных опорных элементов металлоконструкции.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, транспедикулярная фиксация, навигация, дети.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ACCURACY OF PEDICLE SCREW INSERTION IN SURGICAL TREATMENT OF CHILDREN WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS

D.N. Kokushin, S.M. Belyanchikov, V.V. Murashko, K.A. Kartavenko, N.O. Khusainov

The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopaedics, St. Petersburg, Russia

Objective. To perform comparative analysis of the accuracy of pedicle screw placement in spinal deformity correction in children with idiopathic scoliosis using 3D-CT navigation.

Material and Methods. Surgical treatment of 96 patients aged 14–18 years with Lenke type I and V idiopathic scoliosis was performed. In the study group (n = 66), pedicle screws were inserted using the navigation station, in the control group (n = 30) – by the freehand method. The accuracy of pedicle screw position was assessed using postoperative CT images of the spine based on the Gertzbein scale.

Results. The total number of pedicle screws inserted in the study group was 1166, in the control group – 546. In the study group, position of screws was correct in 96 % (1119 screws) of observations and incorrect in 4 % (47 screws). In the control group, the correct position was noted only in 78 % (426 screws) of cases, and the number of incorrectly inserted screws was significantly larger – 22 % (120 screws). In the study group, incorrectly inserted screws in the thoracic spine were detected in 4.8 % of cases, in the lumbar spine – in 2.5 %; in the control group, pedicle screws were incorrectly inserted in the thoracic spine in 35.1 % of cases, in the lumbar spine – in 10.1 %.

Conclusion. Using the navigation station during surgical intervention aimed at correcting the deformity of the spine in children with idiopathic scoliosis of various locations allows a significant increase in the number of correctly inserted pedicle screws used for instrumentation.

Key Words: idiopathic scoliosis, transpedicular fixation, navigation, children.

Please cite this paper as: *Kokushin DN, Belyanchikov SM, Murashko VV, Kartavenko KA, Khusainov NO. Comparative analysis of the accuracy of pedicle screw insertion in surgical treatment of children with idiopathic scoliosis. Hir. Pozvonoc. 2017;14(4):8–17. In Russian.*

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.4.8-17>.

Для цитирования: Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М., Мурашко В.В., Картавенко К.А., Хусаинов Н.О. Сравнительный анализ корректности установки транспедикулярных винтов при хирургическом лечении детей с идиопатическим сколиозом // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14. № 4. С. 8–17.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.4.8-17>.

В настоящее время при хирургической коррекции сколиотической деформации позвоночника наибольшей популярностью пользуется инструментальный Cotrel – Dubousset [3, 4, 9, 11, 13]. По данным ряда авторов [1, 2, 8, 10, 12], с позиций биомеханики применение метода транспедикулярной фиксации по сравнению с ламинарной обладает преимуществами, однако несет в себе риск возможной мальпозиции винтов, обусловленной прежде всего структуральными изменениями позвонков на фоне сколиотического процесса. В связи с этим важными составляющими в хирургическом лечении пациентов с идиопатическим сколиозом являются контроль и обеспечение корректной установки транспедикулярных опорных элементов.

Одним из основных методов контроля установки транспедикулярных винтовых систем, получившим наиболее широкое распространение, является флюороскопия. Накопленный опыт ее применения указывает на ряд существенных недостатков при проведении винтов под ЭОП-контролем. В первую очередь, это высокая лучевая нагрузка на пациента и персонал. Кроме того, контроль за проведением винтов осуществляется только в одной планарной проекции, что значительно снижает точность и безопасность процедуры. Значимые отклонения в траектории винтов при 2D-флюороскопии могут достигать 7–54 %, а частота связанных с этим неврологических осложнений – 5–7 % [14, 15, 22]. Перспективным направлением совершенствования хирургической техники введения транспедикулярных винтов является дополнительное использование оптических навигационных систем. Одним из наиболее простых методов навигационной ассистенции может служить 2D-флюоронавигация. Ее принципиальным достоинством является значительное (в 10–12 раз) снижение лучевой нагрузки [16], что особенно важно при выполнении хирургических вмешательств у детей и подростков, а также возможность одновременного контроля за проведением винтов в нескольких проек-

циях, обеспечивающая условия для повышения точности хирургических манипуляций. Принципиальным недостатком 2D-флюоронавигации является двухмерный характер получаемой информации и невозможность контроля за введением винтов в аксиальной и коронарной проекциях.

В последнее время широкую популярность в клинической практике получили методы 3D-навигации, которые обеспечивают более благоприятные условия для планирования и проведения транспедикулярных винтов. Использование навигационных систем во время хирургической коррекции идиопатического сколиоза у детей является новым и перспективным методом, позволяющим существенно увеличить возможность корректной установки винтов в деформированные позвонки, вовлеченные в дугу искривления, и значительно уменьшить риск осложнений в ходе операции [5–7]. Согласно мета-анализу, выполненному Tian et al. [23] в 2011 г., методы 3D-навигации обладают достоверными преимуществами с точки зрения точности проведения транспедикулярных опорных элементов конструкции перед установкой винтов под 2D-флюороскопическим контролем. В выполненном авторами ретроспективном обзоре литературы проанализированы результаты проведения винтов в ножки дуг 7533 поясничных и грудных позвонков. При этом точность установки винтов с 3D-навигационной ассистенцией достигала 96,7 % и достоверно превышала возможности стандартных методов введения под 2D-флюороскопическим контролем [23]. Преимущества использования 3D-навигации наиболее очевидны при выполнении вмешательств на грудном отделе позвоночника. Amiot et al. [14] убедительно продемонстрировали более высокую точность 3D-навигации по сравнению с операциями, выполненными под флюороскопическим контролем. Навигационная ассистенция обеспечила возможности для точной установки винтов в 95 % наблюдений, при

использовании флюороскопического контроля эта цифра оказалась существенно ниже – 85 % [14]. Анализ результатов хирургического вмешательства у 100 пациентов с заболеваниями позвоночника, выполненный Laine et al. [20], указывает на то, что 3D-навигационная ассистенция позволяет снизить перфорацию ножек с 13,4 до 4,6 %, а по данным Kotani et al. [19] – с 11,0 до 1,8 %.

Одним из наиболее привлекательных способов 3D-навигации является 3D-флюоронавигация, которая основана на совместном использовании 3D-ЭОП и сопряженной с ними стандартной оптической навигационной системы. Принципиальное преимущество этой технологии – возможность получения трехмерных интраоперационных изображений позвоночника с последующим контролем за проведением винтов в аксиальной, коронарной и сагиттальной проекциях. К существенным недостаткам 3D-флюоронавигации относят невысокое качество получаемых интраоперационных изображений, особенно у больших с остеопорозом, большой массой тела и/или выраженными нарушениями анатомии позвоночника [18]. Анализ литературных данных указывает на то, что интраоперационная 3D-КТ-навигация обладает наибольшей точностью и может рассматриваться как оптимальный метод при установке транспедикулярных винтов в ходе оперативного вмешательства [23–25].

Цель исследования – сравнительный анализ корректности установки транспедикулярных опорных элементов при коррекции деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом с использованием 3D-КТ-навигации.

Материал и методы

Работа основана на анализе результатов обследования и хирургического лечения 96 пациентов 14–18 лет с идиопатическим сколиозом III и IV ст. грудной, грудопоясничной и поясничной локализации.

Таблица 1

Распределение пациентов основной и контрольной групп по характеру и объему выполненных операций, n (%)

Объем операций	Группа	
	основная	контрольная
Коррекция деформации позвоночника инструментарием III поколения, задний локальный спондилодез	18 (27,3)	8 (26,7)
Дискапофизэктомия, корпорорез; коррекция деформации позвоночника инструментарием III поколения, задний локальный спондилодез	18 (27,3)	8 (26,7)
Дискапофизэктомия, корпорорез; курс гало-фemorального вытяжения; коррекция деформации позвоночника инструментарием III поколения, задний локальный спондилодез	30 (45,4)	14 (46,6)

Из них 18 (18,8 %) мужского пола, 78 (81,3 %) – женского. Все пациенты проходили обследование и лечение в отделении патологии позвоночника и нейрохирургии НИДОИ им. Г.И. Турнера в 2011–2015 гг.

Основную группу составили 66 пациентов с идиопатическим сколиозом III–IV ст., у которых оценивали корректность и стабильность транспедикулярных винтов корригирующей металлоконструкции, установленных в ходе хирургического вмеша-

ства с применением навигационной станции. В контрольную группу вошли 30 пациентов с идиопатическим сколиозом аналогичной локализации, которым установку транспедикулярных опорных элементов дорсальной спинальной системы осуществляли методом freehand.

Для определения типа деформации, локализации и структуральности сколиотических дуг, ее образующих, использовали классификацию идио-

патического сколиоза, разработанную Lenke et al. [21].

В основной группе наблюдения 13 (19,7 %) пациентов мужского пола и 53 (80,3 %) – женского, средний возраст – $15,4 \pm 0,6$ года; в контрольной группе 5 (16,7 %) пациентов мужского пола и 25 (83,3 %) – женского, средний возраст – $15,9 \pm 0,8$ года (рис. 1).

В основной группе у 11 (17 %) пациентов диагностирована III ст. сколиотической деформации позвоночника, у 55 (83 %) – IV ст.; в контрольной группе – 6 (20 %) пациентов с III ст. и 24 (80 %) – с IV ст.

По классификации Lenke et al., в основной группе наблюдения I тип деформации имели 40 (60,6 %) пациентов, V тип – 26 (39,4 %); в контрольной группе I тип – 18 (60 %), V тип – 12 (40 %).

Направленность сколиотических дуг при всех типах деформаций была характерной для идиопатического сколиоза. Все грудные дуги искривления в обеих группах при I типе сколиоза в основной группе имели правостороннюю направленность, все грудопоясничные и поясничные сколиотические дуги при V типе являлись левосторонними.

В основной и контрольной группах распределение пациентов по тактическим вариантам, применяемым для коррекции сколиотической деформации, было идентичным (табл. 1).

Таким образом, на основании исходных данных (пол, возраст, тип и степень деформации), а также направленности основной дуги деформации и вариантов хирургической коррекции сколиотической деформации в основной и контрольной группах достоверных различий нет. Срок наблюдения в основной группе – от 3 до 5 лет ($3,4 \pm 0,5$), в контрольной – от 3 до 5,5 года ($3,9 \pm 0,9$).

Пациентам обеих групп в послеоперационном периоде выполняли КТ-исследование позвоночника с целью оценки корректности установки транспедикулярных винтов корригирующей многоопорной металлоконструкции. Корректность положения установленных транспеди-

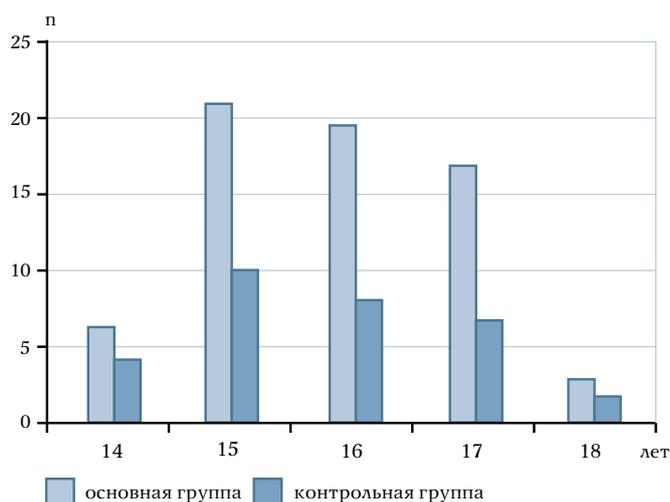


Рис. 1

Распределение пациентов основной и контрольной групп по возрасту

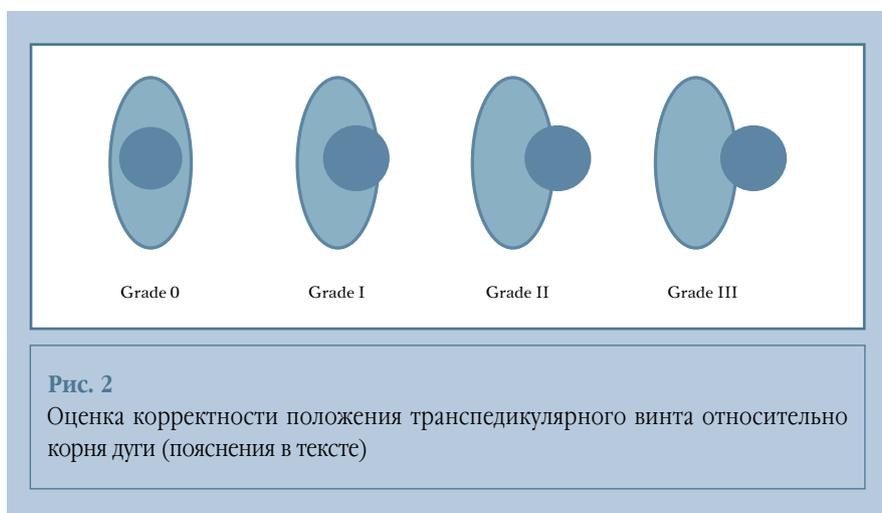


Рис. 2

Оценка корректности положения транспедикулярного винта относительно корня дуги (пояснения в тексте)

кулярных опорных элементов оценивали на основании шкалы, предложенной Gertzbein et al. [17], где Grade 0 (full correct) – транспедикулярный винт полностью находится в корне дуги, не контактируя с прилежащими мягкими тканями, Grade I – смещение транспедикулярного опорного элемента относительно кортикального слоя корня дуги до 2 мм, Grade II – смещение винта в пределах от 2 до 4 мм, Grade III – более 4 мм (рис. 2).

Для проведения сравнительного анализа корректности положения транспедикулярных опорных элементов, установленных в позвонки под контролем 3D-КТ-навигации и при помощи метода freehand, на основании шкалы Gertzbein et al. использовали схему определения корректности положения транспедикулярного винта относительно костных структур инструментированного позвонка, обозначив данные в виде аббревиатуры SLIM + V. Первая часть аббревиатуры – обозначение положения винта относительно внешних стенок корня дуги, которое оценивается в определенной очередности: S (superior) – верхняя (краниальная) стенка корня дуги, L (lateral) – латеральная (наружная) стенка корня дуги, I (inferior) – нижняя (каудальная) стенка корня дуги, M (medial) – медиальная (внутренняя) стенка корня дуги. Вторая часть аббревиатуры (V – vertebral body) – обозначение оценки положения транспедикулярного винта по

отношению к переднебоковой поверхности тела позвонка.

Результаты и их обсуждение

Общее количество транспедикулярных опорных элементов в основной группе составило 1166, в контрольной – 546. Корректное положение винтов относительно костных структур инструментированных позвонков в основной группе в целом отмечено в 96 % (1119 винтов) наблюдений, некорректное – в 4 % (47 винтов).

В контрольной группе при оценке положения установленных винтов по отношению к корням дуг и телам позвонков корректное положение отмечено только в 78 % (426 винтов) случаев, количество некорректно установленных транспедикулярных опорных элементов было достоверно больше ($P < 0,05$) и составило 22 % (120 винтов).

При проведении сравнительного анализа степени корректности положения транспедикулярных винтов в основной группе отмечено преобладание большего количества винтов с меньшей степенью смещения по отношению к контрольной группе. Так, количество винтов со степенью смещения Grade I составило 60,0 % (28 винтов) и 2,4 % по отношению к общему количеству установленных винтов. В 30 % (14 винтов) наблюдений положение опорных элементов было определено как Grade II, что

по отношению к общему количеству винтов, установленных пациентам основной группы, составило 1,2 %. Степень смещения транспедикулярных опорных элементов Grade III выявлена только в 10,0 % (5 винтов) случаев и составила 0,3 % от общего количества установленных винтов.

В контрольной группе количество наблюдений со степенью смещения Grade I было меньше и составило по отношению ко всем некорректно установленным (120 винтов) опорным элементам уже 40,0 % (48 винтов) и 8,8 % случаев – по отношению к общему количеству установленных винтов. В 34,0 % (41 винт) наблюдений при проведении анализа послеоперационных КТ позвоночника отмечена степень смещения Grade II, что по отношению к общему количеству имплантированных транспедикулярных опорных элементов составило 7,5 %. В контрольной группе выявлено значимо большее ($P < 0,05$) количество винтов, смещение которых по отношению к костным структурам инструментированных позвонков, входящих в основную дугу сколиотической деформации, охарактеризовано как Grade III – 26,0 % (31 винт) наблюдений. Такой вид смещения опорных элементов по отношению к общему количеству установленных транспедикулярных винтов составил 5,7 % (табл. 2).

При анализе распределения видов смещений транспедикулярных винтов по отношению к костным структурам инструментированных позвонков в основной группе пациентов по схеме SLIM + V получены следующие результаты. Количество некорректно расположенных винтов, установленных справа и слева относительно линии остистых отростков позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника, было почти равным и составило 25 (53,2 %) и 22 (46,8 %) соответственно. Среди всех видов смещений для винтов, установленных в позвонки справа относительно линии остистых отростков, преобладало смещение, характеризовавшееся повреждением латеральной стенки корня дуги,

Таблица 2

Распределение позвонков по степени корректности положения винтов

Позвонок	Основная группа (scT = 1166)			Контрольная группа (scT = 546)		
	Grade			Grade		
	I	II	III	I	II	III
Th ₃	3	1	0	0	1	1
Th ₄	2	3	0	2	4	4
Th ₅	3	0	0	5	3	2
Th ₆	2	2	0	3	1	1
Th ₇	3	1	0	4	1	2
Th ₈	2	2	1	4	2	4
Th ₉	2	1	1	6	7	4
Th ₁₀	1	1	0	2	4	2
Th ₁₁	1	1	1	4	5	1
Th ₁₂	2	1	1	6	2	4
L ₁	3	0	1	4	2	2
L ₂	2	0	0	3	2	1
L ₃	1	0	0	0	1	0
L ₄	1	1	0	1	3	1
L ₅	0	0	0	4	3	2
Всего scIN, n	28	14	5	48	41	31
Всего к scIN, %	60	30	10	40	34	26
Всего к scT, %	2,4	1,2	0,3	8,8	7,5	5,7

scT — общее количество установленных винтов, scIN — количество некорректно установленных винты.

составившее 31,9 % (15 винтов) случаев от общего количества некорректно установленных винтов в группе пациентов с навигацией. Остальные виды смещений встречались приблизительно с одинаковой частотой: 6,4 % (3 винта) — повреждение верхней стенки корня дуги, 6,4 % (3 винта) — выход за переднебоковую поверхность тела позвонка, 4,1 % (2 винта) — повреждение нижней стенки корня дуги, 4,1 % (2 винта) — повреждение медиальной стенки корня дуги.

Распределение видов смещений винтов, установленных в позвонки слева относительно линии остистых отростков, имело сходные закономерности с вышеописанными. Смещение опорных элементов, характеризовавшееся повреждением латеральной стенки корня дуги, составило 23,4 % (11 винтов), в 10,6 % (5 винтов) случаев отмечено повреждение верхней стенки корня дуги, в 6,4 % (3 винта) — нижней стенки корня дуги, в 4,1 % (2 винта) — выход резьбовой части

транспедикулярного опорного элемента за переднебоковую поверхность тела позвонка, в 2,1 % (1 винт) — повреждение медиальной стенки корня дуги.

При анализе распределения видов смещений транспедикулярных винтов по отношению к отделам позвоночника выявлено, что среди наиболее часто встречаемого вида (повреждение латеральной стенки корня дуги позвонка), составившего в целом 55,3 % (26 винтов), отмечены некоторые закономерности. Так, с правой стороны относительно линии остистых отростков на уровне Th₃–Th₅ позвонков и в зоне грудопоясничного перехода (Th₁₁–L₂ позвонки) имеется латеропозиция транспедикулярных опорных элементов в 14,9 % (7 винтов) наблюдений для обеих уровней. Некорректное положение винтов, установленных с левой стороны относительно линии остистых отростков, зафиксировано на уровне Th₆–Th₉ позвонков и составило 19,2 % (9 винтов) случаев.

Необходимо отметить, что такое распределение обусловлено тем, что на уровнях Th₆–Th₉ позвонков и зоны грудопоясничного перехода корни дуг позвонков, в которые были установлены транспедикулярные винты, располагались на вогнутых сторонах дуг сколиотической деформации и имели в основном небольшой поперечный диаметр. На уровне Th₃–Th₅ позвонков анатомо-антропометрические особенности корней дуг позвонков в виде уменьшения размеров их поперечного диаметра справа также являлись причиной смещения винтов. Однако большая часть данного вида положения винтов по степени смещения относилась к Grade I.

Таким образом, данный вид мальпозиции винтов объясняется тем, что при малых размерах корня дуги при формировании правильной траектории канала для транспедикулярного опорного элемента под контролем 3D-КТ-навигации хирург несколько латерализовал его направление, стараясь сохранить медиальную стенку корня дуги, формирующую позвоночный канал. Это является очередной особенностью мальпозиции транспедикулярных винтов у пациентов с деформацией позвоночника при идиопатическом сколиозе при формировании костных каналов и их установке в ходе операции (табл. 3).

При анализе распределения видов смещений транспедикулярных винтов по отношению к костным структурам инструментированных позвонков в контрольной группе по схеме SLIM + V получены следующие результаты. Количество некорректно расположенных винтов, установленных с вогнутой и выпуклой сторон относительно линии остистых отростков позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника, было, как и в основной группе наблюдения, почти равным и составило 64 (53,3 %) и 56 (46,7 %) соответственно. Однако, в отличие от группы пациентов проспективного наблюдения, среди всех видов смещений для винтов, установленных пациентам контрольной группы, преобладало смещение, характеризо-

Таблица 3

Распределение видов смещений транспедикулярных винтов по отношению к костным структурам инструментированных позвонков в основной группе, n

Позвонок	Dexter					Sinister				
	S	L	I	M	V	S	L	I	M	V
Th ₃	—	2	—	1	—	—	—	—	—	1
Th ₄	—	3	—	—	—	2	—	—	—	—
Th ₅	—	2	—	—	—	1	—	—	—	—
Th ₆	—	—	1	—	—	1	2	—	—	—
Th ₇	—	—	1	—	—	1	2	—	—	—
Th ₈	—	—	—	1	—	—	4	—	—	—
Th ₉	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—
Th ₁₀	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Th ₁₁	1	1	—	—	1	—	—	—	—	—
Th ₁₂	—	2	—	—	2	—	—	—	—	—
L ₁	—	3	—	—	—	—	1	—	—	—
L ₂	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
L ₃	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
L ₄	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—
Всего, n (%)	3 (6,4)	15 (31,9)	2 (4,1)	2 (4,1)	3 (6,1)	5 (10,6)	11 (23,4)	3 (6,4)	1 (2,1)	2 (4,1)

Dexter — винты, установленные справа; Sinister — винты, установленные слева; S — верхняя стенка корня дуги; L — латеральная стенка корня дуги; I — нижняя стенка корня дуги; M — медиальная стенка корня дуги; V — тело позвонка.

вавшееся повреждением медиальной стенки корня дуги. Оно зафиксировано в 48,3 % случаев (58 винтов) от общего количества некорректно установленных винтов.

Так, из всех видов смещений винтов, установленных в позвонки с выпуклой стороны относительно линии остистых отростков, на первом месте по частоте встречаемости находилось смещение типа M (повреждение медиальной стенки корня дуги), величина которого составила 22,5 % (27 винтов), на втором — в 16,7 % (20 винтов) случаев смещение типа V (vertebral body). Остальные виды смещений встречались приблизительно с одинаковой частотой: 5,8 % (7 винтов) — повреждение верхней стенки корня дуги, 5,0 % (6 винтов) — повреждение латеральной стенки корня дуги, 3,3 % (4 винта) — повреждение нижней стенки корня дуги.

Распределение видов смещений винтов, установленных в позвонки с вогнутой стороны относительно линии остистых отростков, имело сходные закономерности с вышеописанными, за исключением смещения

типа V. Смещение опорных элементов, характеризовавшееся повреждением медиальной стенки корня дуги, составило 25,8 % (31 винт), в 8,3 % (10 винтов) случаев отмечено повреждение верхней стенки корня дуги и выход резбовой части транспедикулярного опорного элемента за переднебоковую поверхность тела позвонка, в 2,5 % (3 винта) — повреждение нижней стенки корня дуги, 1,7 % (2 винта) случаев — повреждение латеральной стенки корня дуги.

При анализе распределения видов смещений транспедикулярных винтов по отношению к отделам позвоночника в контрольной группе также были отмечены некоторые особенности и закономерности. Среди винтов, установленных с выпуклой стороны относительно линии остистых отростков, отмечена медиализация относительно корня дуги транспедикулярных опорных элементов на уровне Th₃–Th₄ позвонков в 7,5 % (9 винтов) наблюдений и на уровне Th₁₂–L₂ позвонков в 10,0 % (12 винтов). Тип смещения V выявлен на уровне Th₁₁–Th₁₂ позвонков в 7,5 % (9 винтов) случаев и на уров-

не L₂–L₅ позвонков в 6,7 % (8 винтов) наблюдений. Повреждение медиальной стенки корня дуги винтами, установленными с вогнутой стороны относительно линии остистых отростков, отмечено на уровне Th₆–Th₉ позвонков и составило 20,8 % (25 винтов) наблюдений. Выход резбовой части винта за переднебоковую контур тела позвонка — 5,8 % (7 винтов) случаев.

Необходимо отметить, что данное распределение смещения типа M (medial) также обусловлено анатомо-антропометрическими особенностями корней дуг позвонков, входящих в дугу сколиотического искривления. Однако в группе ретроспективного наблюдения большая часть данного вида положения винтов по степени смещения относилась к Grade II и III. Смещение типа V, составившее 25 % (20 винтов), обусловлено несоответствием типоразмера транспедикулярного опорного элемента длине винтового пути.

Таким образом, данный вид мальпозиции винтов объясняется отсутствием возможности визуального контроля при формировании каналов для

транспедикулярных винтов методом freehand и является потенциально опасным из-за возможного повреждения структур позвоночного канала при нарушении медиальной стенки корня дуги и риска повреждения превертебральных структур при смещении типа V (табл. 4).

При сравнительном анализе распределения некорректного положения транспедикулярных винтов по отношению к грудному и поясничному отделам позвоночника в основной и контрольной группах получены следующие результаты. В основной группе некорректно установленные транспедикулярные опорные элементы в грудном отделе позвоночника выявлены в 4,8 % наблюдений (38 винтов). Распределение некорректно установленных винтов по сегментам грудного отдела позвоночника следующее: верхнегрудной отдел позвоночника – 12,9 % (9 винтов), среднегрудной – 5,1 % (16 винтов), нижнегрудной – 3,1 % (13 винтов). В поясничном отделе

позвоночника некорректно установленных винтов было меньше – 2,5 % (9 винтов).

В контрольной группе некорректно установленные транспедикулярные опорные элементы в грудном отделе позвоночника выявлены в 35,1 % (91 винт) случаев. Распределение по сегментам грудного отдела позвоночника следующее: верхнегрудной отдел позвоночника – 92,3 % (12 винтов), среднегрудной – 37,7 % (32 винта), нижнегрудной – 29,2 % (47 винтов). В поясничном отделе позвоночника – 10,1 % (n = 29) некорректно установленных винтов.

Таким образом, количество некорректно установленных винтов в грудном отделе позвоночника было достоверно выше (P < 0,05) в контрольной группе. Процент некорректно установленных винтов увеличивался в краниальном направлении, достигая максимального значения в верхнегрудном отделе позвоночника и составил в основной группе 4,8 % в грудном

отделе, 2,5 % – в поясничном; в контрольной группе – 35,1 и 10,1 % соответственно (табл. 5).

Заключение

На основании проведенного сравнительного анализа установлено, что в основной группе наблюдения некорректно установленные транспедикулярные опорные элементы в грудном и поясничном отделах позвоночника составляют 4 %, что достоверно ниже (P < 0,05), чем в контрольной группе (22 %). Применение навигационной установки в ходе хирургического вмешательства, направленного на коррекцию деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом различной локализации, позволяет значительно увеличить количество корректно установленных транспедикулярных опорных элементов металлоконструкции.

Таблица 4

Распределение видов смещений транспедикулярных винтов по отношению к костным структурам инструментированных позвонков в контрольной группе, n

Позвонок	Dexter					Sinister				
	S	L	I	M	V	S	L	I	M	V
Th ₃	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Th ₄	–	–	1	7	–	2	–	–	–	–
Th ₅	–	1	2	–	3	1	–	–	–	3
Th ₆	–	–	1	–	–	1	–	–	3	–
Th ₇	–	–	–	–	–	–	–	–	7	–
Th ₈	–	1	–	–	–	–	–	–	9	–
Th ₉	3	1	–	2	–	3	–	2	6	–
Th ₁₀	2	–	–	3	–	2	–	1	–	–
Th ₁₁	1	1	–	–	4	1	2	–	1	–
Th ₁₂	1	2	–	3	5	–	–	–	1	–
L ₁	–	–	–	5	–	–	–	–	3	–
L ₂	–	–	–	4	1	–	–	–	–	1
L ₃	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–
L ₄	–	–	–	–	3	–	–	–	–	2
L ₅	–	–	–	1	3	–	–	–	1	4
Всего, n (%)	7 (5,8)	6 (5)	4 (3,3)	27 (22,5)	20 (16,7)	10 (8,3)	2 (1,7)	3 (2,5)	31 (25,8)	10 (8,3)

Dexter – винты, установленные справа; Sinister – винты, установленные слева; S – верхняя стенка корня дуги; L – латеральная стенка корня дуги; I – нижняя стенка корня дуги; M – медиальная стенка корня дуги; V – тело позвонка.

Таблица 5

Распределение некорректного положения транспедикулярных винтов по отношению к грудному и поясничному отделам позвоночника в основной и контрольной группах, n

Позвонок	Основная группа (n = 66)		Контрольная группа (n = 30)	
	scT	scIN	scT	scIN
Th ₃	25	4	2	2
Th ₄	45	5	11	10
Th ₅	75	3	20	10
Th ₆	82	4	23	5
Th ₇	74	4	22	7
Th ₈	74	5	20	10
Th ₉	91	4	24	17
Th ₁₀	112	2	32	8
Th ₁₁	117	3	45	10
Th ₁₂	108	4	60	12
L ₁	119	4	67	8
L ₂	118	2	70	6
L ₃	76	1	71	1
L ₄	50	2	51	5
L ₅	0	0	28	9
Всего	1166	47 (4 %)	546	120 (22 %)

scT — общее количество установленных винтов; scIN — количество некорректно установленных винтов.

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

Литература/References

- Васюра А.С., Новиков В.В., Михайловский М.В., Долотин Д.Н., Суздалов В.А., Сорокин А.Н., Удалова И.Г.** Хирургическое лечение сколиоза с применением метода транспедикулярной фиксации // Хирургия позвоночника. 2011. № 2. С. 27–34. [Vasyura AS, Novikov VV, Mikhailovskiy MV, Dolotin DN, Suzdalov VA, Sorokin AN, Udalovala IG. Surgical treatment of scoliosis using transpedicular fixation. Hir. Pozvonoc. 2011;(2):27–34. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2011.2.27-34>.
- Васюра А.С., Новиков В.В., Белозеров В.В., Удалова И.Г.** Эффективность применения ламинарной и транспедикулярной фиксации при хирургическом лечении идиопатического сколиоза поясничной и грудопоясничной локализации // Хирургия позвоночника. 2012. № 1. С. 48–53. [VasyuraAS, Novikov VV, Belosyrov VV, Udalovala IG. Efficacy of laminar and transpedicular fixation in surgical treatment of thoracolumbar and lumbar idiopathic scoliosis. Hir. Pozvonoc. 2012;(1):48–53. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2012.1.48-53>.
- Ветрилэ С.Т., Кисель А.А., Кулешов А.А.** Оценка эффективности одноэтапной хирургической коррекции сколиотической деформации позвоночника инструментарием Cotrel – Dubouset // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2004. № 4. С. 58–68. [Vetrile ST, Kisel' AA, Kuleshov AA. Efficacy assessment of one-step surgical correction of scoliotic spine deformity using Cotrel-Dubouset instrumentation. Journal of Traumatology and Orthopedics. Priorov. 2004;(4):58–68. In Russian].
- Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Швец В.В., Кисель А.А., Ветрилэ М.С., Гусейнов В.Г.** Концепция оперативного лечения различных форм сколиоза с использованием современных технологий // Хирургия позвоночника 2009. № 4. С. 21–30. [Vetrile ST, Kuleshov AA, Shvets VV, Kisel AA, Vetrile MS, Guseinov VG. The concept of surgical treatment of various forms of scoliosis using modern technologies. Hir. Pozvonoc. 2009;(4):21–30. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2009.4.21-30>.
- Виссарионов С.В., Дроздецкий А.П., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М.** Коррекция идиопатического сколиоза у детей под контролем 3D-КТ-навигации // Хирургия позвоночника. 2012. № 2. С. 30–36. [Vissarionov SV, Drozdetsky AP, Kokushin DN, Belyanchikov SM. Correction of idiopathic scoliosis under 3D-CT navigation in children. Hir. Pozvonoc. 2012;(2):30–36. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2012.2.30-36>.
- Виссарионов С.В.** Технологии коррекции деформаций позвоночника транспедикулярными спинальными системами у детей с идиопатическим сколиозом // Хирургия позвоночника. 2013. № 1. С. 21–27. [Vissarionov SV. Approaches to spinal deformity correction using transpedicular systems in children with idiopathic scoliosis. Hir. Pozvonoc. 2013;(1):21–27. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2013.1.21-27>.
- Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Дроздецкий А.П., Белянчиков С.М.** Варианты коррекции деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом грудной локализации // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2012. № 3. С. 9–13. [Vissarionov SV, Kokushin DN, Drozdetsky AP, Belyanchikov SM. Variants of spine deformity correction in children with idiopathic scoliosis of thoracic localization. Journal of Traumatology and Orthopedics. Priorov. 2012;(3):9–13. In Russian].
- Губин А.В., Рябых С.О., Бурцев А.В.** Ретроспективный анализ мальпозиции винтов после инструментальной коррекции деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12. № 1.

- C. 8–13. [Gubin AV, Riabykh SO, Burtsev AV. Retrospective analysis of screw malposition following instrumented correction of thoracic and lumbar spine deformities. Hir. Pozvonoc. 2015;(1):8–13. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2015.1.8-13>.
9. **Кулешов А.А.** Хирургия тяжелых форм сколиоза и функциональные особенности некоторых органов и систем: Дис. ... д-ра мед. наук. М., 2007. [Kuleshov AA. Surgery of severe scoliosis and functional features of some organs and systems: DMSc Thesis. Moscow, 2007. In Russian].
 10. **Кулешов А.А., Лисянский И.Н., Ветрилэ М.С., Гаврюшенко Н.С., Фомин Л.В.** Сравнительное экспериментальное исследование крючковой и транспедикулярной систем фиксации, применяемых при хирургическом лечении деформаций позвоночника // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2012. № 3. С. 20–24. [Kuleshov AA, Lisyansky IN, Vetrile MS, Gavryushenko NS, Fomin LV. Comparative experimental study of hook and pedicle fixation systems used at surgical treatment of spine deformities. Journal of Traumatology and Orthopedics. Priorov. 2012;(3):20–24. In Russian].
 11. **Михайловский М.В., Фомичев Н.Г.** Хирургия деформаций позвоночника. Новосибирск, 2011. [Mikhailovsky MV, Fomichev NG. Surgery of Spinal Deformities. Novosibirsk, 2011. In Russian].
 12. **Рубашкин С.А.** Анатомо-морфометрическое обоснование хирургической коррекции сколиотической деформации: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Саратов, 2008. [Rubashkin SA. Anatomico-morphometric justification for surgical correction of scoliotic deformity: Abstract of MD/PhD Thesis. Saratov, 2008. In Russian].
 13. **Соболев А.В.** Хирургическое лечение детей с идиопатическим сколиозом грудно-поясничной и поясничной локализации: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2015. [Sobolev AV. Surgical treatment of children with thoracolumbar and lumbar idiopathic scoliosis: Abstract of MD/PhD Thesis. St.Petersburg, 2015. In Russian].
 14. **Amiot LP, Lang K, Putzier M, Zippel H, Labelle H.** Comparative results between conventional and computer-assisted pedicle screw installation in the thoracic, lumbar, and sacral spine. Spine. 2000;25:606–614. DOI: 10.1097/00007632-200003010-00012.
 15. **Belmont PJ Jr, Klemme WR, Dhawan A, Polly DW Jr.** In vivo accuracy of thoracic pedicle screws. Spine. 2001;26:2340–2346. DOI: 10.1097/00007632-200111010-00010.
 16. **Gebhard FT, Kraus MD, Schneider E, Liener UC, Kinzl L, Arand M.** Does computer-assisted spine surgery reduce intraoperative radiation doses? Spine. 2006;31:2024–2028. DOI: 10.1097/01.brs.0000229250.69369.ac.
 17. **Gertzbein SD, Robbins SE.** Accuracy of pedicular screw placement in vivo. Spine. 1990;15:11–14. DOI: 10.1097/00007632-199001000-00004.
 18. **Jarvers JS, Katscher S, Franck A, Glasmacher S, Schmidt C, Blattert T, Josten C.** 3D-based navigation in posterior stabilisations of the cervical and thoracic spine: problems and benefits. Results of 451 screws. Eur J Trauma Emerg Surg. 2011;37:109–119. DOI: 10.1007/s00068-011-0098-1.
 19. **Kotani Y, Abumi K, Oto M, Minami A.** Improved accuracy of computer-assisted cervical pedicle screw insertion. J Neurosurg. 2003;99(3 Suppl):257–263.
 20. **Laine T, Lund T, Ylikoski M, Lohikoski J, Schlenzka D.** Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: a randomised controlled clinical study in 100 consecutive patients. Eur Spine J. 2000;9:235–240. DOI: 10.1007/s005860000146.
 21. **Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, Blanke K.** Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. J Bone Joint Surg Am. 2001;83:1169–1181. DOI: 10.2106/00004623-200108000-00006.
 22. **Nottmeier EW, Seemer W, Young PM.** Placement of thoracolumbar pedicle screws using three-dimensional image guidance: experience in a large patient cohort. J Neurosurg Spine. 2009;10:33–39. DOI: 10.3171/2008.10.SPI08383.
 23. **Tian NF, Huang QS, Zhou P, Zhou Y, Wu RK, Lou Y, Xu HZ.** Pedicle screw insertion accuracy with different assisted methods: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. Eur Spine J. 2011;20:846–859. DOI: 10.1007/s00586-010-1577-5.
 24. **Tian NF, Xu HZ.** Image-guided pedicle screw insertion accuracy: a meta-analysis. Int Orthop. 2009;33:895–903. DOI: 10.1007/s00264-009-0792-3.
 25. **Tormenti MJ, Kostov DB, Gardner PA, Kanter AS, Spiro RM, Okonkwo DO.** Intraoperative computed tomography image-guided navigation for posterior thoracolumbar spinal instrumentation in spinal deformity surgery. Neurosurg Focus. 2010;28:E11. DOI: 10.3171/2010.1.FOCUS09275.

Адрес для переписки:

Кокушин Дмитрий Николаевич
196603, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин,
ул. Парковая, 64–68,
НИДОИ им. Г.И. Турнера,
partgerm@yandex.ru

Address correspondence to:

Kokushin Dmitry Nikolayevich
The Turner Scientific and Research Institute for Children's
Orthopaedics,
Parkovaya str., 64–68, Pushkin,
St. Petersburg, 196603, Russia,
partgerm@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 15.05.2017

Рецензирование пройдено 16.06.2017

Подписана в печать 21.06.2017

Received 15.05.2017

Review completed 16.06.2017

Passed for printing 21.06.2017

Дмитрий Николаевич Кокушин, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия, partgerm@yandex.ru;

Сергей Михайлович Белянчиков, канд. мед. наук, заведующий отделением патологии позвоночника и нейрохирургии, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия, turner01@mail.ru;

Владислав Валерьевич Мурашко, травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия, turner01@mail.ru;

Кирилл Александрович Картавенко, травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия, turner01@mail.ru;

Никита Олегович Хусаинов, научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия, nikita_busainov@mail.ru.

Dmitry Nikolayevich Kokushin, MD, PhD, researcher in the Department of spine pathology and neurosurgery, The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopaedics, St. Petersburg, Russia, partgerm@yandex.ru;

Sergey Mikhailovich Bebyanchikov, MD, PhD, Head of the Department of spine pathology and neurosurgery, The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopaedics, St. Petersburg, Russia, turner01@mail.ru;

Vladislav Valeryevich Murashko, traumatologist-orthopedist in the Department of spine pathology and neurosurgery, The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopaedics, St. Petersburg, Russia, turner01@mail.ru;

Kirill Aleksandrovich Kartavenko, traumatologist-orthopedist in the Department of spine pathology and neurosurgery, The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopaedics, St. Petersburg, Russia, turner01@mail.ru;

Nikita Olegovich Kbusainov, researcher in the Department of spine pathology and neurosurgery, The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopaedics, St. Petersburg, Russia, nikita_busainov@mail.ru.