



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕНТРАЛЬНОЙ И ДОРСАЛЬНОЙ МНОГОУРОВНЕВОЙ ВЕРТЕБРОТОМИИ У ПОДРОСТКОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ ТИПОВ 1 И 2 ПО LENKE, ОПЕРИРОВАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ IMPLANT DENSITY

А.С. Васюра, Е.В. Губина, М.В. Михайловский

*Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия*

Цель исследования. Анализ эффективности дорсальной и вентральной многоуровневой вертебротомии у подростков с идиопатическим сколиозом типов 1 и 2 по Lenke, оперированных с применением педикулярных и гибридных конструкций с различной степенью Implant Density (ID).

Материал и методы. Ретроспективно изучены непосредственные и отдаленные результаты хирургического лечения 271 подростка с идиопатическим сколиозом типов 1 или 2 по Lenke (с основной грудной дугой), оперированных с применением трех вариантов хирургической техники: инструментальной коррекции и дорсального спондилодеза ($n = 212$) либо той же методики, дополненной дискэктомией и межтеловым спондилодезом ($n = 30$) или дорсальной вертебротомией ($n = 29$). Изучена связь показателей возраста, исходного угла Cobb, мобильности и ID с исходами лечения, оцененными по данным рентгенографии и анкеты-опросника SRS-24, в том числе с построением моделей линейной регрессии.

Результаты. Во всех группах значимыми предикторами коррекции деформации являются величина ее начального угла и ID, в то время как показатели мобильности и возраста значимости не продемонстрировали. Показано отсутствие влияния вентральной и дорсальной вертебротомии на величину коррекции и ее сохранение в отдаленном периоде, а также на анализ результатов, оцененных путем анкетирования больных (SRS-24). Совокупность всех показателей в модели объясняет от 51 до 74 % изменчивости значений достигнутой коррекции. Объяснительная способность достигнутой коррекции ID минимум в три раза меньше объяснительной способности исходного угла Cobb.

Заключение. Вентральная дискэктомия с межтеловым спондилодезом и дорсальная вертебротомия как методы мобилизации позвоночника при идиопатическом сколиозе подростков не обеспечивают дополнительной коррекции сколиозов грудной локализации. При этом количество используемых при полисегментарной фиксации опорных элементов, характеризующееся показателем ID, не играет роли в сохранении корригирующего эффекта.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз подростков, транспедикулярная фиксация, вентральный релиз, дорсальный релиз.

Для цитирования: Васюра А.С., Губина Е.В., Михайловский М.В. Эффективность вентральной и дорсальной многоуровневой вертебротомии у подростков с идиопатическим сколиозом типов 1 и 2 по Lenke, оперированных с применением педикулярной фиксации с различной степенью Implant Density // Хирургия позвоночника. 2020. Т. 17. № 3. С. 43–52.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.3.43-52>.

EFFICACY OF ANTERIOR AND POSTERIOR MULTILEVEL VERTEBROTOMY IN ADOLESCENTS WITH LENKE TYPE 1 AND 2 IDIOPATHIC SCOLIOSIS OPERATED ON USING PEDICLE SCREW FIXATION WITH VARIOUS IMPLANT DENSITY

A.S. Vasyura, E.V. Gubina, M.V. Mikhaylovskiy

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

Objective. To analyze the efficacy of posterior and anterior multilevel vertebrotomy in adolescents with Lenke type 1 and 2 idiopathic scoliosis operated on using pedicle screw and hybrid instrumentation with varying implant density (ID).

Material and Methods. The immediate and long-term results of surgical treatment of 271 adolescents with Lenke type 1 or 2 idiopathic scoliosis (with primary thoracic curve) operated on using one of three surgical techniques: instrumental correction and posterior fusion ($n = 212$), the same technique supplemented with discectomy and interbody fusion ($n = 30$), and that with posterior vertebrotomy ($n = 29$). In all three groups, the relationship between age, initial Cobb angle, mobility, ID, and treatment outcomes assessed using X-ray data and SRS-24 questionnaire was studied, including the construction of linear regression models.

Results. In all groups, significant predictors of deformity correction were initial Cobb angle and ID, while the indicators of mobility and age did not demonstrate significance. The study showed no effect of anterior and posterior vertebroto my on the magnitude of correction and its maintenance in the long-term period, as well as on the patient-reported outcomes (SRS-24). The combination of all indicators in the model explains 51 % to 74 % of the achieved correction variability. The explanatory power of the ID for the achieved correction is at least three times less than the explanatory power of the initial Cobb angle.

Conclusion. Anterior discectomy with interbody fusion and posterior vertebroto my as methods of spine release in surgery for adolescent idiopathic scoliosis do not provide additional correction of the thoracic scoliosis. Herein, the number of anchoring elements used for poly-segmental fixation (implant density) does not play a role in maintaining the corrective effect.

Key Words: adolescent idiopathic scoliosis, pedicle screw fixation, anterior release, posterior release.

Please cite this paper as: Vasyura AS, Gubina EV, Mikhaylovskiy MV. Efficacy of anterior and posterior multilevel vertebroto my in adolescents with Lenke type 1 and 2 idiopathic scoliosis operated on using pedicle screw fixation with various implant density. Hir. Pozvonoc. 2020;17(3):43–52. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.3.43-52>.

Педикулярные и гибридные конструкции в силу высокой эффективности в отношении величины коррекции и ее сохранения в течение длительного периода практически вытеснили в последние годы крючковую фиксацию в хирургии идиопатических сколиозов подростков [1–3]. При этом мнение об оптимальном числе опорных элементов варьирует от минимально достаточного до двустороннего применения на каждом сегменте зоны инструментальной фиксации.

В то же время мобилизующим операциям (вентральным и дорсальным) посвящены лишь единичные работы [4, 5]. Вентральный релиз (дискэктомия на нескольких уровнях на вершине сколиотической дуги и межтеловой спондилодез) имеет двоякую цель: повысить мобильность наиболее ригидной части деформированного позвоночника и предотвратить развитие феномена коленчатого вала путем формирования переднего блока [6, 7] при незавершенном росте скелета [8]. Дорсальный релиз (в большинстве случаев в объеме остеотомии Ponte или Schwab II в различных модификациях) применяется при тяжелых ригидных деформациях для достижения максимального корригирующего эффекта [9]. Как и любые другие хирургические манипуляции, мобилизующие операции связаны с определенным риском осложнений, удлиняют время операции и повышают кровопотерю.

При планировании настоящего исследования мы выдвинули рабочую гипотезу: вентральная и дорсальная

мобилизующие операции (вертебротомии) в условиях использования педикулярного и гибридного (сочетание педикулярных шурупов и крюков) инструментария не обеспечивают значимых преимуществ для коррекции деформации и сохранения достигнутого эффекта при идиопатическом сколиозе подростков грудной локализации.

Цель исследования – анализ эффективности дорсальной и вентральной многоуровневой вертебротомии у подростков с идиопатическим сколиозом типов 1 и 2 по Lenke, оперированных с применением педикулярных и гибридных конструкций с различной степенью Implant Density (ID).

Дизайн исследования: моноцентровое ретроспективное.

Материал и методы

В 2007–2017 гг. в клинике прооперировано 1262 пациента с идиопатическим сколиозом различной локализации, у которых использовали гибридные конструкции (крюки и педикулярные шурупы) либо только педикулярные шурупы. Из общего числа пациентов для настоящего исследования отобраны 271 (231 девушка, 40 юношей; средний возраст – 14,3 года), отвечающих следующим критериям включения:

- идиопатические сколиозы подростков с грудной локализацией первичной дуги, соответствующие типам 1 и 2 по Lenke;
- возраст – от 10 до 18 лет на момент операции;

– отсутствие операций на позвоночнике до поступления в клинику;

– выполнение всех операций тремя хирургами с опытом работы в специализированной клинике не менее 25 лет;

– использование для задней инструментации позвоночника транспедикулярных или гибридных конструкций с опорными транспедикулярными шурупами и крючками;

– выполнение всего объема оперативного вмешательства, включая мобилизующие манипуляции и инструментальную фиксацию, по принципу same-day surgery, то есть в ходе одной операции;

– отсутствие осложнений, связанных с применением имплантатов;

– послеоперационное наблюдение – минимум два года.

Предоперационное обследование включало в себя обзорную спондилографию грудного и поясничного отделов позвоночника в положении пациента стоя, с захватом таза в прямой и боковой проекциях, а также спондилограммы, выполненные в положении лежа с активным наклоном туловища в сторону выпуклости деформации. По спондилограммам оценивали следующее:

- величину основной дуги деформации, грудного кифоза и поясничного лордоза по Cobb (в град.);
- баланс туловища во фронтальной плоскости (в мм) по отстоянию центра Th₁ позвонка от средней крестцовой линии;
- степень ротации апикального позвонка основной дуги

по формуле Sullivan et al. [10]: $3D\ AVR\ (град.) = 0,26 \times (\text{кифоз } Th_5 - Th_{12}) + 0,34 \times (\text{угол Cobb основной дуги}) - 5,38$.

Для каждого наблюдения определяли плотность имплантата (ID), оцениваемую как отношение количества крепежных элементов к числу позвонков, включенных в зону инструментального спондилодеза.

Исследование уровня качества жизни в послеоперационном периоде проводили на основании заполнения пациентами анкеты SRS-24 [11].

Особенности хирургической техники. Всех пациентов оперировали с применением современного сегментарного инструментария. Поясничный и переходный грудопоясничный отделы позвоночника инструментировали шурупами, а грудной отдел – либо только шурупами, либо крюками. Крюки имплантировали на апикальных, промежуточных и концевых позвонках с формированием педикулярно-поперечных захватов. В 212 случаях вмешательство включало в себя инструментальную коррекцию и дорсальный спондилодез аутокостью, еще в 59 случаях данную операцию дополнили вентральной либо дорсальной мобилизующей операцией. Показания определяли величиной мобильности первичной дуги искривления, необходимостью профилактики развития феномена коленчатого вала (у больных с незавершенным ростом скелета) и личными предпочтениями оперирующего хирурга. В качестве вентральной мобилизации выполняли дискэктомию на 3–5 апикальных уровнях с последующим вентральным спондилодезом аутокостью. Дорсальная мобилизация заключалась в выполнении на трех апикальных уровнях задней поперечной клиновидной вертебротомии с основанием клина, обращенным в сторону выпуклости сколиотической дуги, включая резекцию верхних и нижних суставных отростков, части дужек и оснований остистых отростков соседних позвонков, желтой связки с формированием поперечных дефектов задних отделов (фактически вмешательство представ-

ляло собой промежуточный вариант между остеотомией Ponte и Smith-Petersen). Таким образом, ретроспективно в зависимости от типа оперативного вмешательства сформировали три клинические группы: А – инструментальная коррекция и дорсальный спондилодез ($n = 212$); В – дискэктомия, межтеловой спондилодез, инструментальная коррекция, дорсальный спондилодез ($n = 30$); С – дорсальная вертебротомия, коррекция, дорсальный спондилодез ($n = 29$).

Методы статистического исследования. Deskриптивные характеристики представлены в виде медианы [первый квартиль; третий квартиль], среднего арифметического \pm стандартное отклонение. Сравнение распределений числовых характеристик в группах проводили непарным U-критерием Манна – Уитни с расчетом смещения распределений и 95 % доверительного интервала для смещения. Исследование попарных зависимостей между непрерывными показателями выполняли вычислением коэффициентов корреляции Спирмена с достигнутым уровнем значимости p . Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости $p = 0,05$, то есть различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$.

Все статистические расчеты проводили в программе RStudio (версия 1.2.5001) на языке R (версии 3.6.1).

Результаты

Вся информация, касающаяся до- и послеоперационной динамики рентгенографических показателей, представлена в табл. 1. Группы сопоставимы по возрасту оперированных больных, срокам послеоперационного наблюдения и протяженности зоны спондилодеза. Исходные значения угла Cobb основной дуги существенно ниже в группе А (дорсальное вмешательство), а наибольшие отмечены в группе В (вентральный релиз). При этом мобильность искривления во всех трех группах варьирует в сравнительно небольших пределах.

Таким образом, по подавляющему большинству оцениваемых признаков (мобильности деформации и относительной величины ее коррекции и потери коррекции, значению грудного кифоза и поясничного лордоза, ротации апикального позвонка, ее коррекции и стойкости коррекции, и т.д.) группы абсолютно сопоставимы между собой. Различия лишь в числе наблюдений и показателе ID, причем в последней – только по нижней границе. Эти факторы потребовали применения специальных статистических инструментов, которые обсуждаются ниже.

Для исследования количественного влияния возраста, начального угла деформации, ее мобильности и ID на величину коррекции были построены модели линейной регрессии для всех трех групп. Результаты расчетов для полученных моделей приведены в табл. 2.

Во всех группах значимыми предикторами коррекции деформации являются величина основной дуги и ID. Мобильность деформации и возраст пациентов не продемонстрировали значимости на исследуемых выборках пациентов.

Для корректного исследования влияния релиза на величину достигнутой коррекции требуется, чтобы показатели исходного угла Cobb и ID были сопоставимы в сравниваемых группах. Из табл. 2 явствует, что исходный угол Cobb и ID статистически значительно разнятся, что приводит к различию в величине достигнутой коррекции и затрудняет исследование влияния переднего и заднего релиза на ее величину.

При грубой оценке величины влияния значимых предикторов выясняется, что группа В (вентральный релиз) отличается от группы А (без релиза) в среднем по исходному углу Cobb на $+23^\circ$, по ID – на $-0,12$. Согласно модели линейной регрессии для группы В, это эквивалентно вкладу на $23 \times 0,54 - 0,12 \times 28,08 \approx 9,05$, что на 75 % объясняет разницу в достигнутой коррекции между группами В и А, равную в среднем 12° .

Таблица 1

Клинико-рентгенографические характеристики исследованных пациентов

Параметр	Группа А	Группа Б	Группа С
Число больных, n	212	30	29
Средний возраст, лет	15,5 (10–18)	14,0 (11–18)	13,3 (11–17)
Срок послеоперационного наблюдения, лет	3,6 (2,1–7,9)	4,5 (2,1–10,4)	3,0 (2,1–4,4)
Угол Cobb (грудная дуга), град.			
до операции	57,4 (33–106)	79,5 (45–112)	69,9 (46–96)
в положении бокового наклона	35,3 (3–97)	56,4 (12–95)	46,1 (11–83)
после операции	20,5 (6–43)	27,1 (8–64)	20,5 (7–93)
в конце периода наблюдения	22,3 (8–56)	29,3 (8–74)	22,3 (8–45)
Мобильность деформации, %	37,9 (11–86)	32,1 (11–86)	39,3 (8–82)
Коррекция деформации, град./%	36,9/64,2	50,4/63,4	49,4/70,7
Потеря коррекции, град./%	1,8/4,8	2,2/4,2	1,8/3,6
Грудной кифоз, град.			
до операции	29,4 (4–79)	33,6 (5–64)	32,5 (8–74)
после операции	22,7 (5–53)	22,0 (9–43)	23,2 (11–51)
в конце периода наблюдения	23,4 (2–57)	21,8 (2–42)	22,3 (9–36)
Поясничный лордоз, град.			
до операции	57,4 (10–83)	60,0 (39–81)	59,4 (40–79)
после операции	50,5 (21–78)	48,3 (30–69)	52,6 (30–76)
в конце периода наблюдения	51,6 (20–86)	50,0 (33–60)	56,3 (37–78)
Ротация апикального позвонка, град.			
до операции	21,9 (12–72)	27,5 (11–63)	15,5 (10–33)
после операции	7,8 (3–28)	7,5 (2–30)	6,4 (1–16)
в конце периода наблюдения	6,9 (3–30)	7,3 (3–31)	6,6 (1–15)
Операционная коррекция ротации апикального позвонка, град./%	14,1/64,3	20,0/72,7	9,1/8,7
Фронтальный дисбаланс, мм			
до операции	13,6 (2–32)	15,6 (2–34)	16,5 (1–85)
после операции	18,2 (2–63)	20,7 (3–50)	18,8 (2–70)
в конце периода наблюдения	12,8 (8–56)	13,9 (2–32)	12,4 (2–33)
Протяженность зоны спондилодеза	12,8 (11–17)	12,97 (11–14)	13,07 (11–15)
Implant Density	1,34 (0,58–2,00)	1,2 (0,72–2,00)	1,57 (1,15–2,00)

В скобках представлены минимальные и максимальные значения показателя.

Таблица 2

Модели линейной регрессии достигнутой коррекции для всех групп исследования

Параметры	Группа А (n = 212)		Группа В (n = 30)		Группа С (n = 29)	
	К	p	К	p	К	p
Угол Cobb	0,55	<0,001*	0,54	<0,001*	0,51	<0,001*
до операции						
Implant Density	13,84	<0,001*	28,08	0,007*	9,98	0,036*
Мобильность	-0,02	0,326	0,09	0,372	0,01	0,884
дуги искривления						
Возраст	-0,05	0,858	-0,88	0,323	-1,18	0,197
Свободное слагаемое	-11,28	0,112	-16,79	0,397	13,31	0,493

К — коэффициент, *значимые предикторы.

Группа С (дорсальный релиз) отличается от группы А в среднем по исходному углу Cobb на +13°, по ID — на +0,15. Согласно модели линейной регрессии для группы С, это эквивалентно вкладу на $13 \times 0,51 + 0,15 \times 9,98 \approx 8,13$, что на 72 % объясняет разницу в достигнутой коррекции между группами С и А, равную в среднем 11°.

Приведенные выкладки говорят либо об отсутствии влияния вентрального и дорсального релиза на величину достигнутой коррекции, либо о пренебрежительной малости этого влияния.

Таблица 3

Сравнение показателей после PSM в группах А и В

Переменные	Группа А (n = 25)	Группа В (n = 25)	U-критерий Манна – Уитни	
	Me [ИКИ] M ± CD		разница [95 % ДИ]	p-уровень
Возраст, лет	15 [14; 16] 14,96 ± 1,70	14 [13; 16] 14,20 ± 2,35	1 [-1; 2]	0,288
Мобильность, град.	26,38 [4,76; 43,48] 29,79 ± 24,77	28,125 [15,31; 48,21] 31,13 ± 19,96	-2,67 [-15,54; 12,22]	0,528
Угол Cobb, град.				
исходный	71 [65; 88] 73,60 ± 15,67	77 [70; 88] 78,92 ± 17,06	-6 [-15; 5]	0,233
после операции	25 [17; 39] 28,24 ± 13,44	26 [21; 35] 28,16 ± 14,68	-1 [-8; 8]	0,861
в конце наблюдения	25 [20; 38] 30,52 ± 14,69	30 [21; 35] 30,24 ± 14,72	0 [-8; 8]	0,923
Implant Density	1,25 [1,15; 1,39] 1,25 ± 0,17	1,24 [1,16; 1,31] 1,22 ± 0,23	0,03 [-0,07; 0,15]	0,371
Достигнутая коррекция, град.	43 [37; 52] 45,36 ± 10,44	51 [40; 56] 50,76 ± 11,88	-4 [-12; 1]	0,127
Потеря коррекции, град.	1 [-1; 3] 2,28 ± 6,44	2 [-1; 5] 2,08 ± 6,03	0 [-3; 3]	0,770

Me — медиана, ИКИ — интерквартильный интервал, M — среднее значение, CD — стандартное отклонение, 95 % ДИ — 95 % доверительный интервал.

С другой стороны, для исследования влияния мобилизующих операций на величину достигнутой коррекции применимо выравнивание методом Propensity Score Matching (PSM) по показателям исходного угла Cobb, ID, мобильности и возраста попарно для группы В и А, С и А [12]. Результаты сравнения показателей после выравнивания приведены в табл. 3 и 4.

Средняя разница достигнутой коррекции между группами В, С и А после PMS не является значимой и равна 4°, что еще раз подтверждает вывод об отсутствии или минимальном влиянии мобилизующих операций на величину достигнутой коррекции.

Из представленных таблиц следует, что во всех группах достигнутая коррекция сохраняется и не зависит от применения мобилизующих операций.

В табл. 5 коэффициенты детерминации R² построенных линейных достигнутой коррекции показывают, что совокупность всех показате-

лей в модели объясняет от 51 до 74 % изменчивости (дисперсии) значений достигнутой коррекции. Методом LMG [13] проведена оценка вклада каждого показателя в R². Вклад ID относительно начального угла составляет 32 % в моделях с релизом и 13 % в модели без релиза, то есть объяснительная способность достигнутой коррекции у ID минимум в три раза меньше объяснительной способности исходного угла Cobb.

Результаты анкетирования пациентов по опроснику SRS-24. В ходе настоящего исследования представлял интерес ответ на следующий вопрос: связан ли полученный результат с фактом использования мобилизующего маневра во время операции?

Учитывая то что не все больные заполнили анкеты, а в группе В их было всего 7, мы сочли возможным при анализе объединить пациентов групп В и С в одну (группа исследования 2), сравнив их данные с пациентами группы 1 (группа А основного исследования).

Результаты анкетирования с помощью опросника SRS-24 по 7 областям (доменам) и 5-балльной системе оценки (1 – наихудший, 5 – наилучший вариант) приведены в табл. 6.

Таким образом, пациенты, которым операции выполняли без дополнительных мобилизующих манипуляций, несколько выше оценили общий внешний вид, функции после операции. В свою очередь, при проведении релизов более предпочтительными оказались домены «боль в спине», «внешний вид после операции», «общая активность», «профессиональная активность» и «общая удовлетворенность результатом лечения». При этом ни по одному показателю различия не оказались статистически значимыми.

Согласие на операцию при тех же условиях готовы были дать 82,7 % пациентов группы 1 и 80,8 % группы 2.

Полученные данные позволяют констатировать отсутствие принципиальных различий в оценке качества жизни пациентов, оперированных с применением вентрального или дорсального релиза и без такового.

Таблица 4

Сравнение показателей после PSM в группах А и С

Переменные	Группа А (n = 28)	Группа С (n = 28)	U-критерий Манна – Уитни	
	Ме [ИКИ] М ± CD	Ме [ИКИ] М ± CD	разница [95% ДИ]	p-уровень
Возраст, лет	14 [13,00; 15,00] 13,96 ± 1,86	13 [12,00; 14,25] 13,21 ± 1,75	1 [0; 2]	0,130
Мобильность, град.	44,32 [33,95; 55,16] 46,49 ± 19,21	39,28 [13,96; 54,51] 39,25 ± 28,88	6,41 [-6,90; 22,73]	0,385
Угол Cobb, град.				
исходный	66 [59,75; 77,75] 70,04 ± 16,04	67 [60,75; 78,25] 69,89 ± 13,25	0 [-9; 7]	0,922
сразу после операции	22 [14,75; 29,50] 25,29 ± 13,41	18,5 [14,25; 24,75] 20,35 ± 8,27	3 [-2; 9]	0,294
в конце наблюдения	22,5 [17,75; 32,00] 26,61 ± 13,31	22 [15,25; 27,25] 22,23 ± 8,23	3 [-2; 8]	0,311
Implant Density	1,405 [1,29; 1,93] 1,52 ± 0,35	1,43 [1,36; 1,81] 1,55 ± 0,29	-0,01 [-0,18; 0,08]	0,530
Достигнутая коррекция, град	45 [38,25; 50,00] 44,75 ± 9,75	48,5 [39,50; 56,50] 49,19 ± 10,75	-4 [-10; 1]	0,143
Потеря коррекции, град.	0 [-1,00; 3,25] 1,32 ± 5,56	2 [0,00; 3,00] 1,56 ± 3,56	-1 [-3; 1]	0,457

Ме — медиана, ИКИ — интерквартильный интервал, М — среднее значение, CD — стандартное отклонение, 95 % ДИ — 95 % доверительный интервал.

Таблица 5

Оценка вкладов показателей в моделях линейной регрессии достигнутой коррекции методом LMG, %

Показатели	Группа А (n = 212)	Группа В (n = 30)	Группа С (n = 29)
Коэффициент детерминации модели R ²	0,60	0,51	0,74
Начальный угол	84 [71–94]	71 [21–90]	57 [30–67]
Implant Density	11 [4–22]	23 [3–64]	18 [4–39]
Возраст	2 [0,3–8,0]	2 [0,7–23,0]	24 [11,0–42,0]
Мобильность	0,4 [0,1–4,0]	4 [0,5–28,0]	0,7 [0,4–12,0]

Таблица 6

Результаты исследования качества жизни пациентов с помощью опросника SRS-24 (формат М ± CD), баллы

Анализируемый параметр (домен SRS-24)	Группа 1 (А) 52 анкеты	Группа 2 (В + С) 47 анкет
Боль	3,73 ± 0,85	3,81 ± 0,79
Общий внешний вид	3,22 ± 0,72	3,86 ± 0,68
Внешний вид после операции	4,29 ± 0,86	4,11 ± 0,82
Функции после операции	1,60 ± 0,92	1,52 ± 0,86
Общая активность	2,90 ± 0,82	3,22 ± 0,79
Профессиональная активность	3,99 ± 0,99	4,05 ± 0,86
Удовлетворенность результатами операции	4,09 ± 0,55	4,33 ± 0,45

Обсуждение

Возможности метода транспедикулярной фиксации (ТПФ) изучены в последние два десятилетия тщательно и всесторонне. Применение ТПФ в сравнении с использованием систем с фиксацией на крючковых опорных элементах в хирургии деформаций позвоночника, прежде всего, при идиопатическом сколиозе подростков, позволяет отметить следующее: ТПФ увеличивает объем полученной коррекции [1, 14] и степень деротации апикального позвонка [3, 15], снижает процент ревизионных

операций [16], уменьшает послеоперационное прогрессирование деформации (потерю коррекции) [3], способствует лучшей самокоррекции поясничного противоискривления [1, 17], уменьшает протяженность зоны спондилодеза [17], лучше нормализует фронтальный баланс туловища [1], способствует лучшему восстановлению дыхательной функции [14], снижает кровопотерю и продолжительность вмешательства [15, 17, 18], не повышая при этом частоту осложнений, связанных с мальпозицией опорных элементов [18–22] и нарушениями целостности имплантатов [16]. К отрицательным сторонам применения ТПФ можно отнести тенденцию к сглаживанию физиологических изгибов позвоночника [14, 23] и увеличение стоимости операции и лечения в целом [3, 24, 25].

Практически параллельно с исследованием возможностей ТПФ в сравнении с другими крепежными элементами шло изучение особенностей применения метода в различной его комплектации.

Li et al. [26] первыми сравнили результаты коррекции идиопатического сколиоза подростков (Lenke 1) с имплантацией педикулярных шурупов на корригирующем стержне (на вогнутой стороне деформации) на каждом уровне или через один позвонок (выпуклая сторона деформации) в группах инструментированной соответственно через один или два позвонка). В двух группах по 15 пациентов получены одинаковые значения коррекции во фронтальной плоскости и динамики грудного кифоза при отсутствии неврологических осложнений и различий в сроки отдаленного наблюдения от 2 до 4,1 года. Авторы подчеркивают меньшую стоимость операции и большую площадь костной пластики с использованием интервальной имплантации шурупов.

В 2009 г. Clements et al. [27] опубликовали исследование зависимости объема коррекции идиопатического сколиоза подростков от количества и типа крепежных элементов позво-

ночного инструментария. Они, вероятно, первыми ввели в употребление термин Implant Density (ID) – отношение количества крепежных элементов к количеству доступных точек фиксации. В группе из 292 пациентов, в том числе 250 – с деформациями грудной локализации, выявлена отчетливая зависимость между ID и достигнутой коррекцией, причем это в большей степени касалось стержня на вогнутой стороне искривления (корригирующий), чем на выпуклой (стабилизирующий). Наибольшая коррекция (78 %) получена при использовании шурупов и ID – 2,0 (два шурупа на каждом инструментированном позвонке), при этом отмечено, что чем выше показатель ID, тем в большей степени сглаживается грудной кифоз.

Quan и Gibson [28] у 49 подростков с идиопатическим сколиозом (Lenke 1), используя только ТПФ, при уменьшении сколиотической деформации с 60,0 до 17,4° отметили уплотнение грудного кифоза с 20,0° до 11,6°. При средней величине ID, равной 1,6 (1,2–2,0), авторы не нашли зависимости между ID и коррекцией деформации во фронтальной и горизонтальной плоскостях.

Sanders et al. [29] при применении различных вариантов крепежных элементов (крюки, педикулярные шурупы, проволока и их сочетания) у 171 подростка с идиопатическим сколиозом (Lenke 1) отметили, что количество крепежных элементов имеет большее значение, чем тип фиксации, при этом выявили прямую связь корригирующего эффекта с дооперационной мобильностью деформации.

Yang et al. [30], прооперировав 58 подростков с идиопатическим сколиозом (Lenke 1), отметили возможность коррекции сколиотической дуги на 59 %, при этом, по их мнению, увеличение количества крепежных элементов не улучшает косметический и рентгенографический эффект.

Bharucha et al. [31] у 91 больного с аналогичной деформацией (Lenke 1) при применении конструкций с низкой (менее 1,3) и высокой (более 1,3) ID не выявили корреляции между

величиной ID и процентом коррекции основной дуги, углом ротации туловища, динамикой грудного кифоза. Кроме того, не обнаружена корреляция между мобильностью дуги и процентом коррекции, динамикой кифоза и ротацией между двумя группами. По данным анкетирования SRS-22 разницы между группами также не отмечено. Единственное отличие составила стоимость имплантатов в группе с высокой ID, оказавшаяся существенно выше – 13 272 доллара США против 10 819.

Аналогичные данные опубликовали Gotfryd et al. [32]: в двух группах по 23 оперированных подростка с идиопатическим сколиозом (45–70°), независимо от показателя ID, величина коррекции и ее потеря через 2 года оказались идентичны, как и результаты анкетирования. При этом в группе с более высоким ID лучше исправлялся реберный горб, но была выше стоимость лечения.

В единственном систематическом обзоре Larson et al. [33] проанализирован материал 10 публикаций (929 пациентов). В этих работах ID варьировал от 1,06 до 2,00. В двух работах анализируется эффект различных крепежных элементов, отмечено превосходство педикулярных конструкций с высоким ID над крючковыми и гибридными. Сравнение эффекта педикулярных конструкций с различным ID показало, что увеличение ID не связано с увеличением достигаемой коррекции. Авторы обзора посчитали, что включенные работы недостаточно значимы для выявления искомых различий, следовательно, влияние ID остается неочевидным.

Gebhart et al. [34] представили результаты оперативного лечения 119 подростков с идиопатическим сколиозом и выделили две группы факторов: контролируемые хирургом (ID и PC – pedicle coefficient: ID × процент педикулярных шурупов среди всех крепежных элементов) и неконтролируемые хирургом (величина деформации, протяженность спондилодеза, мобильность дуги искривления). Частота осложнений и реопераций не коррелировала ни с одной

из групп факторов. Коррекция основной дуги коррелировала с мобильностью деформации, протяженность зоны спондилодеза – со временем операции, длительностью койкодния, стоимостью лечения и кровопотерей, ID имела прямую связь со стоимостью имплантатов и обратную – с длительностью койкодния. РС не показал корреляции ни с одним из факторов.

Влияние мобилизирующих операций на результат коррекции идиопатического сколиоза подростков при использовании ТПФ изучено в значительно меньшей степени. Можно лишь упомянуть работу Clements et al. [27], которые отметили, что не исследовали влияния ряда факторов на объем достигнутой коррекции, в том числе дорсального релиза, поскольку это влияние трудно оценить точно. Влиянию вентрального релиза на корригирующий эффект в условиях ТПФ посвящено очень немного исследований. Luhmann et al. [4] у 84 больных с деформациями от 70 до 100° при использовании тотальной ТПФ показали отсутствие преимуществ дорсальной коррекции с предшеству-

вавшей вентральной мобилизацией наиболее деформированной части сколиотической дуги в ближайшем и отдаленном (4,5 года) послеоперационном периодах. Практически те же результаты получены Dobbs et al. [5]. В обоих исследованиях группы до операции были идентичны по основным показателям.

В нашей клинике применение инструментария III поколения (CDI) началось в 1996 г., и в первые годы мы использовали в качестве крепежных элементов исключительно крючковые системы. Дополнение дорсального спондилодеза операцией вентрального или дорсального релиза с целью достижения более значимой коррекции и предотвращения развития феномена коленчатого вала (дискэктомия и межтеловой спондилодез) представлялось вполне обоснованным, и проведенный анализ полученных результатов подтвердил это, как нам представляется, со всей очевидностью [8]. Внедрение в практику клиники метода ТПФ закономерно повысило качество результатов и столь же закономерно поставило вопрос о целесообразности

дополнительных манипуляций, повышающих мобильность апикальной зоны деформированного позвоночника (рис.). По мере накопления опыта мы утверждались во мнении о возможности отказа от операций вентрального и дорсального релиза при лечении подростков с идиопатическим сколиозом, причем вне зависимости от исходной величины деформации позвоночника. Проведенное исследование – одно из немногих, посвященных эффективности мобилизирующих операций применительно к дорсальной вертебротомии. Можно упомянуть лишь работу Halansky и Cassidy [35], подчеркнувших не только отсутствие увеличения объема коррекции, но и рост кровопотери и времени вмешательства при использовании остеотомии Ponte. Международный консенсус по вопросу оптимального хирургического лечения идиопатического сколиоза показал, что рутинное использование переднего релиза не рассматривается как оптимальное [36]. Тщательный статистический анализ показал, что эти манипуляции в условиях применения ТПФ не дают дополнительных преимуществ как с позиции коррекции деформации во всех трех плоскостях, так и ее сохранения в течение длительного послеоперационного наблюдения (до 10 лет). Аналогичные результаты получены при анализе анкет SRS-24.

Наши результаты подтвердили данные многих авторов [24, 26, 28, 29, 31, 37] об отсутствии зависимости полученных результатов от количества использованных крепежных элементов (ID). Нельзя не отметить, что в этом вопросе некоторые хирурги [25, 30] придерживаются противоположного мнения.

Основным недостатком нашей работы является небольшое количество больных в двух из трех групп, что потребовало применения дополнительных методов статистического исследования. В то же время количественная неоднородность этих групп вполне объяснима, так как хирургическая мобилизация позвоночника показана при наиболее тяжелых деформациях, а они всегда составля-

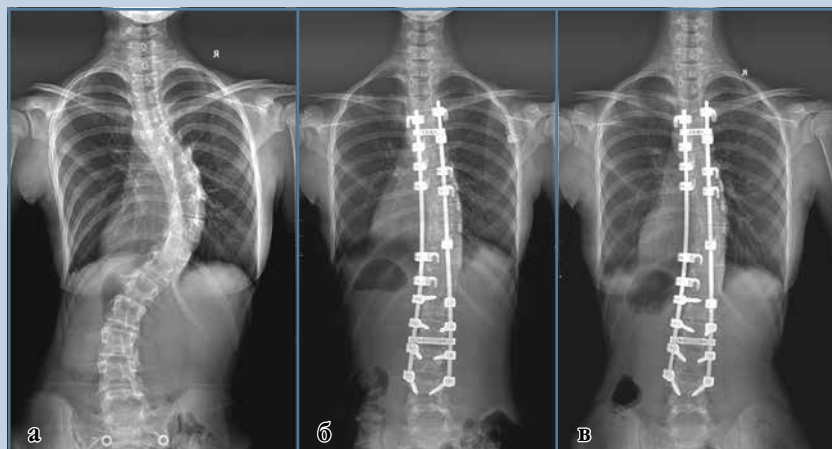


Рис.

Спондилограммы пациентки А., 13 лет, с идиопатическим правосторонним грудным прогрессирующим сколиозом с поясничным противоискривлением (тип IICN по Lenke): **а** – в положении стоя угол Cobb Th₄–Th₁₂ – 75°, L₁–L₄ – 43°; **б** – через 7 дней после операции (дорсальная вертебротомия, коррекция гибридным инструментарием, дорсальный спондилодез аутокостью) дуга Th₄–Th₁₂ – 24°, L₁–L₄ – 8°; **в** – через 26 мес. после операции дуга Th₄–Th₁₂ – 24°, L₁–L₄ – 9°

ют меньшинство. В любом случае мы рассматриваем эту работу как небольшое дополнение к общей картине, которая вырисовывается при оценке результатов хирургического лечения идиопатического сколиоза подростков в ортопедической литературе.

Заключение

В условиях повсеместного применения метода ТПФ в хирургии идиопатического сколиоза подростков воз-

никают сомнения в целесообразности дополнения корригирующего вмешательства мобилизующими позвоночник манипуляциями. Проведенное исследование показало, что вентральный (дискэктомия и межтеловой спондилодез) и дорсальный (модифицированная вертебротомия Ponte) релизы не дают дополнительной коррекции сколиоза грудной локализации (Lenke 1, 2). При этом количество крепежных элементов (ID) не играет существенной роли в достижении кор-

ригирующего эффекта и сохранении его на протяжении длительного послеоперационного периода.

Благодарность

Авторский коллектив выражает признательность В.Л. Лукинову за помощь в выполнении статистической обработки материала.

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

Литература/References

- Dobbs VB, Lenke LG, Kim YJ, Kamath G, Peelle MW, Bridwell KH. Selective posterior thoracic fusions for adolescent idiopathic scoliosis: comparison of hooks versus pedicle screws. Spine. 2006;31:2400–2404. DOI: 10.1097/01.brs.0000240212.31241.8e.
- Min K, Sdzuy C, Farshad M. Posterior correction of thoracic adolescent idiopathic scoliosis with pedicle screw instrumentation: results of 48 patients with minimal 10-year follow-up. Eur Spine J. 2013;22:345–354. DOI: 10.1007/s00586-012-2533-3.
- Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Chung YJ, Park YB. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. Spine. 1995;20:1399–1405.
- Luhmann SJ, Lenke LG, Kim YJ, Bridwell KH, Schootman M. Thoracic adolescent idiopathic scoliosis curves between 70 degrees and 100 degrees. Is anterior release necessary? Spine. 2005;30:2061–2067. DOI: 10.1097/01.brs.0000179299.78791.96.
- Dobbs M, Lenke L, Kim Y, Luhmann SJ, Bridwell KH. Anterior/posterior instrumentation versus posterior instrumentation alone for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis curves more than 90 degrees. Spine. 2006;31:2386–2391. DOI: 10.1097/01.brs.0000238965.81013.c5.
- Dubousset J, Herring G, Shuffelbarger H. The crankshaft phenomenon. J Pediatr Orthop. 1989;9:541–550. DOI: 10.1097/01241398-198909010-00008.
- Shuffelbarger HL, Clark CE. Prevention of the crankshaft phenomenon. Spine. 1991;16(8 Suppl):S409–S411.
- Хирургия идиопатического сколиоза: ближайшие и отдаленные результаты / под ред. М.В. Михайловского. Новосибирск, 2007. [Surgery for Idiopathic Scoliosis: Immediate and Long-Term Results, ed. by M.V. Mikhaylovskiy. Novosibirsk, 2007. In Russian].
- Ponte A. What is a true Ponte osteotomy? 48th Annual Meeting & Course. Half-day Course, Lion, France, 2013:63–65.
- Sullivan TB, Bastrom T, Reighard F, Jeffords M, Newton PO. A novel method for estimating three-dimensional apical vertebral rotation using two-dimensional coronal Cobb angle and thoracic kyphosis. Spine Deform. 2017;5:244–249. DOI: 10.1016/j.jspd.2017.01.012.
- Haher TR, Gorup JM, Shin TM, Homel P, Merola AA, Grogan DP, Pugh L, Lowe TG, Muray M. Results of Scoliosis Research Society instrument for evaluation of surgical outcome in adolescent idiopathic scoliosis. A multicenter study of 244 patients. Spine. 1999;24:1435–1440. DOI: 10.1097/00007632-199907150-00008.
- Patorno E, Grotta A, Bellocco R, Schneeweiss S. Propensity score methodology for confounding control in health care utilization databases. Epidemiol Biostat Public Health. 2013;10:e8940. DOI: 10.2427/8940.
- Lindeman RH, Merenda PF, Gold RZ. Introduction to Bivariate and Multivariate Analysis, Glenview IL: Scott, Foresman and Co., 1980.
- Kim YJ, Lenke LG, Kim J, Bridwell KH, Cho SK, Cheh G, Sides B. Comparative analysis of pedicle screw versus hybrid instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis. Spine. 2006;31:291–298. DOI: 10.1097/01.brs.0000197865.20803.d4.
- Hwang CJ, Lee CK, Chang BS, Kim MS, Yeom JS, Choi JM. Minimum 5-year follow-up results of skipped pedicle screw for flexible idiopathic scoliosis. J Neurosurg Spine. 2011;15:146–150. DOI: 10.3171/2011.4.SPINE10321.
- Kuklo TR, Potter BK, Lenke LG, Polly DW Jr, Sides B, Bridwell KH. Surgical revision rates of hooks versus hybrid versus screw versus combined anteroposterior fusion for adolescent idiopathic scoliosis. Spine. 2007;32:2258–2264. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31814b1ba6.
- Liljenqvist U, Lepsien U, Hackenberg I, Niemeyer T, Halm H. Comparative analysis of pedicle screw and hook instrumentation in posterior correction and fusion of idiopathic thoracic scoliosis. Eur Spine J. 2002;11:336–343. DOI: 10.1007/s00586-002-0415-9.
- Cheng I, Kim Y, Gupta MC, Bridwell KH, Hurford RK, Lee SS, Theerajayaporn T, Lenke LG. Apical sublaminar wires versus pedicle screws – which provides better results for surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis? Spine. 2005;30:2104–2112. DOI: 10.1097/01.brs.0000179261.70845.b7.
- Suk SI, Lee SM, Chung E, Kim JH, Kim SS. Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis: more than 5-year follow up. Spine. 2005;30:1602–1609. DOI: 10.1097/01.brs.0000169452.50705.61.
- Abul-Kasim K, Ohlin A. The rate of screw misplacement in segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis. Acta Orthop. 2011;82:50–55. DOI: 10.3109/17453674.2010.548032.
- Hicks JM, Singla A, Shen FH, Arlet V. Complications of pedicle screw fixation in scoliosis surgery: a systematic review. Spine. 2010;35:E465–E470. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181d1021a.
- Diab M, Smith AR, Kuklo TR. Neural complications in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. Spine. 2007;32:2759–2763. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31815a5970.
- Vora V, Crawford A, Babekhir N, Boachie-Adjei O, Lenke L, Peskin M, Charles G, Kim Y. A pedicle screw constructs give an enhanced posterior correction of adolescent idiopathic scoliosis when compared with other constructs: myth or reality. Spine. 2007;32:1869–1874. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318108b912.
- Storer SK, Vitale MG, Hyman JE, Lee FY, Choe JC, Royce DP Jr. Correction of adolescent idiopathic scoliosis using thoracic pedicle screw fixation versus hook construct. J Pediatr Orthop. 2005;25:415–419. DOI: 10.1097/01.mph.0000165134.38120.87.

25. Roach JW, Mehlmann CT, Sanders JO. Does the outcome of adolescent idiopathic scoliosis surgery justify the rising cost of the procedures? J Pediatr Orthop. 2011;31(1 Suppl):S77–S80. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181f73bfd.
26. Li M, Shen Y, Fang X, Ni J, Gu S, Zhu X, Zhang Z. Coronal and sagittal plane correction in patients with Lenke I adolescent idiopathic scoliosis: a comparison of consecutive versus interval pedicle screw placement. J Spinal Disord Tech. 2009;22:251–256. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3181884940.
27. Clements DH, Betz RR, Newton PO, Rohmiller M, Marks MC, Bastrom T. Correlation of scoliosis curve correction with the number and type of fixation anchors. Spine. 2009;34:2147–2150. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181adb35d.
28. Quan GM, Gibson MJ. Correction of main thoracic adolescent idiopathic scoliosis using pedicle screw instrumentation: does higher implant density improve correction? Spine. 2010;35:562–567. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b4af34.
29. Sanders JO, Diab M, Richards SB, Lenke LG, Johnston CE, Emans JB, Sucato DJ, Erickson MA, Bridwell KH, McCarthy RE, Sarwark JF, Dormans JP. Fixation points within the main thoracic curve: does more instrumentation produce greater curve correction and improved results? Spine. 2011;36:E1402–E1406. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31822815ff.
30. Yang S, Jones-Quaidoo SM, Eager M, Griffin JW, Reddi V, Novicoff W, Shilt J, Bersusky E, Defino H, Ouellet J, Arlet V. Right adolescent idiopathic thoracic curve (Lenke I A and B): does cost of instrumentation and implant density improve radiographic and cosmetic parameters? Eur Spine J. 2011;20:1039–1047. DOI: 10.1007/s00586-011-1808-4.
31. Bharucha NJ, Lonner BS, Auerbach JD, Kean KE, Trobisch PD. Low-density versus high-density thoracic pedicle screw constructs in adolescent idiopathic scoliosis: do more screw lead to a better outcome? Spine J. 2013;13:375–381. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.05.029.
32. Gotfryd AO, Avanzi O. Randomized clinical study on surgical techniques with different pedicle screw densities in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis types Lenke 1A and 1B. Spine Deform. 2013;1:272–279. DOI: 10.1016/j.jspd.2013.05.004.
33. Larson AN, Aubin CE, Polly DW Jr, Ledonio CG, Lonner BS, Shah SA, Richards BS 3rd, Erickson MA, Emans JB, Weinstein SL. Are more screws better? A systematic review of anchor density and curve correction in adolescent idiopathic scoliosis. Spine Deform. 2013;1:237–247. DOI: 10.1016/j.jspd.2013.05.009.
34. Gebhart S, Alton TB, Bompadre V, Krenkel WF. Do anchor density or pedicle screw density correlate with short-term outcome measures in adolescent idiopathic scoliosis surgery? Spine. 2014;39:E104–E110. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000075.
35. Halanski MA, Cassidy JA. Do multilevel Ponte osteotomies in thoracic idiopathic scoliosis surgery improve curve correction and restore thoracic kyphosis? J Spinal Disord Tech. 2013;26:252–255. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318241e3cf.
36. de Kleuver M, Lewis SJ, Gersmeyer NM, Kamper SJ, Alanay A, Berven SH, Cheung KM, Ito M, Lenke LG, Polly DW, Qiu Y, van Tulder M, Shaffrey C. Optimal surgical care for adolescent idiopathic scoliosis: an international consensus. Eur Spine J. 2014;23:2603–2618. DOI: 10.1007/s00586-014-3356-1.
37. Rushton PR, Elmalky M, Tikoo A, Basu S, Cole AA, Grevitt MP. The effect of metal density in thoracic adolescent idiopathic scoliosis. Eur Spine J. 2016;25:3324–3330. DOI: 10.1007/s00586-015-4335-x.

Адрес для переписки:

Михайловский Михаил Витальевич
 630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
 Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
 им. Я.Л. Цивьяна,
 MMihailovsky@niito.ru

Address correspondence to:

Mikhailovskiy Mikhail Vitalyevich
 Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
 n.a. Ya.L. Tsvyana,
 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
 MMihailovsky@niito.ru

Статья поступила в редакцию 23.06.2020

Рецензирование пройдено 17.09.2020

Подписано в печать 21.09.2020

Received 23.06.2020

Review completed 17.09.2020

Passed for printing 21.09.2020

Александр Сергеевич Васюра, канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-2473-3140, niito@niito.ru;
 Елена Владимировна Губина, канд. мед. наук, отдел детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-2278-1421, EGubina@niito.ru;
 Михаил Витальевич Михайловский, д-р мед. наук, проф., главный научный сотрудник отдела детской вертебралогии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-4847-100X, MMibailovsky@niito.ru.

Alexandr Sergeyevich Vasyura, MD, PhD, senior researcher of Department of Children Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsvyana, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-2473-3140, niito@niito.ru;
 Elena Vladimirovna Gubina, PhD, senior researcher of Department of Children Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsvyana, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-2278-1421, EGubina@niito.ru;
 Mikhail Vitalyevich Mikhailovskiy, DMSc, Prof., chief researcher of Department of Children Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsvyana, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-4847-100X, MMibailovsky@niito.ru.