

Самохин К.А.^{1,2}, Пимбурский И.П.³, Бутенко А.С.³, Челпаченко О.Б.^{3,4}, Давыдов Д.М.¹,
Давлетгалеев Г.Т.^{1,2}, Суменко В.В.², Жердев К.В.^{4,5}, Яцык С.П.⁶

Анализ эффективности двухэтапного и одноэтапного оперативного лечения идиопатического сколиоза у детей с применением различных методов мобилизации деформации

¹ГАУЗ «Оренбургский областной клинический центр хирургии и травматологии», 460000, Оренбург, Россия;
²ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, 460000, Оренбург, Россия;
³ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва, Россия;
⁴ГБУЗ «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения Москвы, 119180, Москва, Россия;
⁵ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия;
⁶ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, 123995, Москва, Россия

Резюме

Введение. Потенциал коррекции современных систем для спондилодеза ограничен пределами естественной мобильности сколиотической деформации и порой требует выполнения многоуровневых дискэктомий и остеотомий. Выбор оптимального лечения сколиотических деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника у детей сложен из-за множества подходов и вариантов остеотомий. Единого алгоритма лечения идиопатического сколиоза нет, что делает актуальной разработку дифференцированного подхода и тактики его лечения.

Цель работы: оптимизировать выбор тактики хирургического лечения детей с идиопатическим сколиозом на основании анализа применения одноэтапного и двухэтапного оперативного лечения.

Материалы и методы. Обследовано 94 больных с идиопатическим сколиозом (тип Lenke 1–4), прооперированных в 2017–2023 гг. Пациенты были распределены на 3 группы: 1-я (контрольная; $n = 30$) — с одноэтапной дорсальной коррекцией и G1-osteотомией; 2-я ($n = 31$) — с двухэтапным лечением; 3-я ($n = 33$) — с одноэтапной коррекцией и апикальными G2-osteотомиями. В зависимости от исходной величины грудного кифоза определены подгруппы с гипокифозом, нормокифозом и гиперкифозом. Минимальный период катамнестического наблюдения составил 12 мес.

Результаты. Фронтальный баланс у всех обследованных больных находился в состоянии относительной компенсации как до оперативного лечения, так и в послеоперационном периоде. При сравнении результатов у пациентов 2-й и 3-й групп значимых различий не выявлено. У пациентов 2-й группы установлена высокая степень коррекции основной дуги деформации позвоночника во фронтальной плоскости по отношению к пациентам 1-й и 3-й групп ($p < 0,05$). Формирование грудного кифоза более выражено после операции у пациентов 2-й группы (подгруппы с гипокифозом, нормокифозом), у которых было использовано двухэтапное хирургическое лечение, дополненное передним релизом и галопельвиктракцией. У пациентов 3-й группы (подгруппа с гиперкифозом) установлено формирование показателей грудного кифоза при применении одноэтапного хирургического лечения, выполненного из дорсального доступа и дополненного G2-osteотомией.

Заключение. Состояние сагиттального профиля позвоночника, в том числе выраженность грудного кифоза, является значимым критерием для выбора тактики хирургического лечения сколиотических деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника у детей. Двухэтапное лечение, включающее вентральный релиз и галопельвиктракцию, рекомендуется выполнять при ригидных деформациях грудного или грудопоясничного отделов позвоночника в условиях исходного нормо- или гипокифоза. Тяжёлые деформации позвоночника у детей с исходным гиперкифозом предпочтительно корректировать одноэтапно с использованием дорсального доступа, дополненного G2-osteотомией. Применение G2-osteотомии при исходном нормо- или гипокифозе нецелесообразно из-за риска неврологических осложнений, развития псевдоартроза и увеличения объёма периоперационной кровопотери.

Ключевые слова: дети; сколиоз; передний релиз; галопельвиктракция; транспедикулярная фиксация; остеотомии позвоночника

Для цитирования: Самохин К.А., Пимбурский И.П., Бутенко А.С., Челпаченко О.Б., Давыдов Д.М., Давлетгалеев Г.Т., Суменко В.В., Жердев К.В., Яцык С.П. Анализ эффективности двухэтапного и одноэтапного оперативного лечения идиопатического сколиоза у детей с применением различных методов мобилизации деформации. *Российский педиатрический журнал*. 2024; 27(5): 340–349. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2024-27-5-340-349> <https://elibrary.ru/ijomttx>

Для корреспонденции: Самохин Константин Александрович, врач травматолог-ортопед отделения плановой травматологии ГАУЗ «Оренбургский областной клинический центр хирургии и травматологии», ст. преподаватель каф. травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО ОГМУ, ksamohin25@mail.ru

Участие авторов: Самохин К.А., Челпаченко О.Б. — концепция и дизайн исследования; Пимбурский И.П., Бутенко А.С., Давыдов Д.М., Давлетгалеев Г.Т. — сбор и обработка материала; Суменко В.В. — статистическая обработка; Самохин К.А., Челпаченко О.Б. — написание текста; Челпаченко О.Б., Жердев К.В., Яцык С.П. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Konstantin A. Samokhin^{1,2}, Ivan P. Pimburskiy³, Andrey S. Butenko³, Oleg B. Chelpachenko^{3,4},
Denis M. Davydov¹, Gumar T. Davletgaleev^{1,2}, Vladimir V. Sumenko², Konstantin V. Zherdev^{4,5}, Sergey P. Yatsyk⁶

Analysis of the effectiveness of two-stage and one-stage surgical treatment for idiopathic scoliosis in children using various methods for deformity mobilization

¹Orenburg Regional Clinical Center for Surgery and Traumatology, Orenburg, 460000, Russian Federation;

²Orenburg State Medical University, Orenburg, 460000, Russian Federation;

³National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation;

⁴Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow, 119180, Russian Federation;

⁵I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation;

⁶Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow, 123995, Russian Federation

Summary

Introduction. The correction potential of modern systems is limited by the natural mobility of scoliotic deformities, which sometimes require multiple discectomy and osteotomy. Choosing the optimal method of treatment for scoliosis in the thoracic and lumbar regions is difficult due to the variety of approaches and options available for osteotomies. There is no single algorithm for the treatment of idiopathic scoliosis, making it necessary to develop a differentiated approach and treatment strategies.

Purpose of the study. To optimize the choice of surgical treatment tactics for children with idiopathic scoliosis based on a comparative analysis of the use of one-stage and two-stage surgical treatment.

Materials and methods. The study subjects were ninety four patients with idiopathic scoliosis (Lenke type 1–4), operated on between 2017 and 2023. They were divided into three groups: group I (control) — 30 patients underwent one-stage dorsal correction with G1 osteotomy, group II — 31 patients who received two-stage treatment, and group III — 33 patients who underwent a one-stage correction with apical G2 osteotomy. Depending on the initial thoracic kyphotic angle, subgroups were defined as A (hypokyphosis), B (normokyphosis) and C (hyperkyphosis). The minimum follow-up period was 12 months.

Results. The frontal balance in all examined patients was in a state of relative compensation, both before surgical treatment and in the postoperative period. When comparing the results in patients from the second and third groups, we found no significant differences ($p > 0.05$). The second group showed a higher degree of correction of the main arch of spinal deformity ($p < 0.05$) in the frontal plane compared to the control and third group patients. When analyzing the results of thoracic kyphosis formation, we obtained reliable results in formation more significant indices in patients after surgery in Group II (subgroups A and B), for whom a two-stage applied surgical method was supplemented with anterior release and halo pelvic traction. In Group III (subgroup C), we obtained significant results in thoracic kyphosis indices when using single-stage surgery performed from the dorsal approach supplemented with G2 osteotomy.

Conclusion. The condition of the sagittal profile, including the severity of thoracic kyphosis, is an important criterion for choosing the tactics of surgical treatment of scoliotic deformities of the thoracic and lumbar spine. Two-stage treatment, including ventral release and halo-pelvic traction, is recommended for rigid deformities of the thoracic or thoracolumbar spine, under conditions of initial normal kyphosis or hypokyphosis. Severe deformities with initial hyperkyphosis should be corrected preferably in a single stage using posterior surgery, supplemented by G2-osteotomy. The use of G2-osteotomies in patients with initial normal- or hypokyphoses is impractical due to the risk of neurological complications, development of pseudoarthroses, and increase in volume of perioperative bleeding.

Keywords: children; scoliosis; anterior release; halo-pelvic traction; transpedicular fixation; spinal osteotomies

For citation: Samokhin K.A., Pimburskiy I.P., Butenko A.S., Chelpachenko O.B., Davydov D.M., Davletgaleev G.T., Sumenko V.V., Zherdev K.V., Yatsyk S.P. Analysis of the effectiveness of two-stage and one-stage surgical treatment for idiopathic scoliosis in children using various methods for deformity mobilization. *Rossiyskiy Pediatricheskiy zhurnal (Russian Pediatric Journal)*. 2024; 27(5): 340–349. (In Russian). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2024-27-5-340-349>
<https://elibrary.ru/ijomtx>

For correspondence: Konstantin A. Samokhin, senior lecturer at the Department of traumatology and orthopedics, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation; orthopedic traumatologist at the Department of planned traumatology of the Orenburg Regional Clinical Center for Surgery and Traumatology, Orenburg, Russian Federation, ksamohin25@mail.ru

Contribution: Samokhin K.A., Chelpachenko O.B. — concept and design of the study; Pimburskiy I.P., Butenko A.S., Davydov D.M., Davletgaleev G.T. — collection and processing of the material; Sumenko V.V. — statistical processing of the material; Samokhin K.A., Chelpachenko O.B. — writing the text; Samokhin K.A., Chelpachenko O.B., Yatsyk S.P. — editing the text. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Information about the authors:

Samokhin K.A., <https://orcid.org/0009-0002-4292-8782>
Pimburskiy I.P., <https://orcid.org/0009-0002-5274-3941>
Butenko A.S., <https://orcid.org/0000-0002-7542-8218>
Chelpachenko O.B., <https://orcid.org/0000-0002-0333-3105>
Davydov D.M., <https://orcid.org/0009-0000-7357-6674>
Davletgaleev G.T., <https://orcid.org/0009-0004-0701-1201>
Sumenko V.V., <https://orcid.org/0000-0002-7320-7331>
Zherdev K.V., <https://orcid.org/0000-0003-3698-6011>
Yatsyk S.P., <https://orcid.org/0000-0001-6966-1040>

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: September 14, 2024

Accepted: October 08, 2024

Published: November 12, 2024

Введение

Золотым стандартом оперативного лечения сколиоза считается его хирургическая коррекция с применением дорсальной полисегментарной металлофиксации позвоночника и заднего спондилодеза [1]. Однако в сообществе хирургов-вертебрологов нет единого мнения относительно тактики хирургической коррекции и фиксации сколиотической деформации позвоночника. За последние 20 лет хирургическое лечение идиопатического сколиоза (ИС) значительно эволюционировало. Потенциал коррекции современных систем для спондилодеза ограничен пределами естественной мобильности сколиотической деформации. Это определяет необходимость применения различных хирургических пособий, направленных на мобилизацию позвоночных двигательных сегментов, включённых в сколиотическую дугу в случае её ригидности. Такими дополнительными опциями являются передние многоуровневые дискэктомии и различные варианты остеотомий позвоночника [2]. Их выполнение способствует дополнительной мобилизации позвоночно-двигательных сегментов, включённых в деформацию позвоночника, и позволяет получить необходимую степень коррекции деформации.

Самыми распространёнными остеотомиями в хирургии ИС являются G1–G2 по F. Schwab, которые применяются при дорсальной коррекции [3]. Основным преимуществом вышеуказанных остеотомий является возможность достижения значительной степени коррекции деформации позвоночника в сочетании со спондилодезом в одну хирургическую сессию. Остеотомии G1 и G2 выполняются на задних структурах позвоночного столба. G1-остеотомия включает резекцию капсулы сустава и нижних суставных фасеток позвонка. При выполнении G2-остеотомии резецируются нижние и верхние фасетки позвонков с надостистой, межкостистой и желтой связками в комбинации с краевой резекцией смежных дуг позвонков. Выполнение G2-остеотомии является технически более сложным хирургическим пособием и сопряжено с более высокими рисками развития неврологических осложнений [4]. Для достижения максимально возможной коррекции деформации позвоночника в сочетании со стабильным спондилодезом в одну хирургическую сессию многие вертебрологи часто отказываются от двухэтапной тактики хирургической коррекции сколиоза (с применением переднего релиза и галотракции) [5–7].

В настоящее время нет единого алгоритма хирургического лечения детей с ИС, что актуализирует вопросы разработки дифференцированного подхода к выбору тактики хирургической коррекции ИС.

Цель работы: оптимизировать выбор тактики хирургического лечения детей с ИС на основании анализа применения одноэтапного и двухэтапного оперативного лечения.

Материалы и методы

Обследовано 94 детей с ИС тип Lenke 1–4, прооперированных в 2017–2023 гг. Пациенты были разделены на 3 группы: 1-я (контрольная; $n = 30$; $15,3 \pm 0,29$ года) — с одноэтапной дорсальной коррек-

цией и G1-остеотомией; 2-я ($n = 31$; $14,9 \pm 0,26$ года) — с двухэтапным лечением; 3-я ($n = 33$; $15,8 \pm 0,18$ года) — с одноэтапной коррекцией и апикальными G2-остеотомиями. В зависимости от исходной величины грудного кифоза (ГК) определены подгруппы с гипокифозом, нормокифозом и гиперкифозом. Минимальный период катamnестического наблюдения составил 12 мес. Критерии включения: идиопатический сколиоз, остеотомии G1 и G2 по F. Schwab, гало-пельвиктракция, передний релиз, дискэктомия. Критерии невключения: врождённая и нейромышечная формы сколиоза, остеотомии G3–G6 типов. Больные были репрезентативны по полу, возрасту, типу деформации по Lenke.

Степень, локализацию, форму и мобильность деформации позвоночника определяли на основании анализа данных рентгеновского обследования позвоночника в предоперационном периоде, что позволяло проводить планирование и прогнозирование степени хирургической коррекции. В основу планирования положен анализ постуральных спондилограмм на протяжении от С7 позвонка до головок бёдер с захватом крыльев подвздошных костей. Рентгенометрические показатели оценивали с использованием компьютерной программы «Surgimar v. 2.3.1.5». Угол сколиотической деформации измеряли по методу Cobb после идентификации нейтральных и вершинных позвонков для каждой из имеющихся сколиотических дуг. По прямым и боковым рентгенограммам анализировали состояние фронтального и сагиттального баланса туловища, ротацию и наклон позвонков, латеральное смещение позвонков относительно фронтальной оси туловища. Фронтальный баланс туловища анализировали путём индексации показателей, полученных при рентгенометрии ортостатических рентгенограмм в прямой проекции, оценки разобщения линии, опущенной от остистого отростка С7 позвонка, и центральной осевой оси [8].

Фронтальный баланс считали компенсированным при полном совпадении вышеуказанных линий или их разобщении, не превышающем ± 20 мм. Смещение туловища вправо расценивается как положительный фронтальный дисбаланс, влево — как отрицательный. Основные рентгеноанатомические показатели, характеризующие состояние сагиттального позвоночно-тазового баланса, рассчитывали по постуральным рентгенограммам в боковой проекции. При этом оценивали вертикальную сагиттальную ось — отклонение вертикальной линии отвеса, проведённой из центра С7, от заднего края верхней замыкательной пластинки S1 (в качестве ключевого показателя сагиттального баланса туловища); величину угла ГК по Cobb на уровне Th5–Th12; величину общего поясничного лордоза [9].

При оценке мобильности позвоночных двигательных сегментов, включённых в основную дугу деформации, рассчитывали индекс стабильности по Казьмину, индекс мобильности [7]. При ригидных деформациях позвоночника индекс стабильности приближается к 1, а при мобильных деформациях он составлял 0,7 и менее. Если индекс мобильности приближался к 100%, то деформация легко поддавалась коррекции при выполнении тракционного теста и считалась мобильной. При снижении индекса мобильности деформация определялась как ригидная. Эффективность послеопераци-

онной коррекции деформации оценивали, в том числе путём расчёта индекса послеоперационной коррекции, как отношение степени послеоперационной коррекции к степени коррекции, полученной по рентгенограмме лёжа с вытяжением или стоя с боковым наклоном), и выражали в процентах. Степень послеоперационной коррекции рассчитывали как разницу между величиной общего угла первичной дуги, вычисленного по прямой рентгенограмме, выполненной после операции, и величиной общего угла первичной дуги, определённого по прямой постуральной рентгенограмме до оперативного лечения, к величине общего угла в положении стоя, и выражали в процентах. Чем ближе значение индекса к 100%, тем более наглядно видно, что хирургическая коррекция исчерпала естественную мобильность позвоночника, выявленную на этапе предоперационного обследования, а превышение 100% отражает дополнительную коррекцию, полученную за счёт инструментария и хирургических опций, направленных на мобилизацию деформации позвоночника.

У всех пациентов были использованы однотипные полисегментарные металлоконструкции и стандартный набор инструментов. Для коррекции деформации дуги позвоночника применяли общепринятые методы, включающие деротацию предварительно отмоделированного стержня, трансляцию, посегментарную контракцию и distraction по технологии Cotrel–Dubousset [10].

У пациентов 2-й группы проводили дозированную галопельвиктракцию в интервале между I и II этапами оперативного вмешательства, выполненными в одну госпитализацию. На I этапе выполняли передний доступ в виде торакотомии (торакоскопии) и релиза передней опорной колонны в виде многоуровневой дискэктомии на апикальной части грудной дуги, резекции головок ребер. При выполнении I этапа с помощью торакоскопии после введения пациента в наркоз анестезиолог выполнял раздельную интубацию. Далее на оперируемой стороне лёгкое выключали из вентиляции, после чего устанавливали два портала. Париегальную (предпозвоночную) плевру рассекали для доступа к межпозвоночному диску, при помощи коагуляции пересекали переднюю продольную связку в зоне планируемой дискэктомии. Удаляли пульпозное ядро с фиброзным кольцом диска на вершине деформации. На следующем этапе выполняли кюретаж замыкательных пластин с деструкцией зон роста смежных позвонков по выпуклой стороне деформации. Далее межпозвоночное пространство заполняли аллотрансплантатом на основе бикальцифосфата или трикальцифосфата [11]. На II этапе были выполнены дорсальная многоуровневая корригирующая остеотомия

по Smith–Petersen (G1 по F. Schwab), коррекция и фиксация позвоночника стержне-винтовой системой в режиме максимальной галопельвиктракции под контролем нейрофизиологического мониторинга с последующим задним спондилодезом и демонтажом гало-аппарата.

Пациентам 3-й группы выполнялась одноэтапная хирургическая коррекция деформации из заднего доступа. Оперативное вмешательство дополнялось многоуровневой остеотомией G2 по F. Schwab на вершине деформации основной дуги на протяжении от 2 до 5 позвоночно-двигательных сегментов, исключая концевые позвонки. В процессе выполнения G2-osteotomii в полном объёме иссекали над- и межкостистые связки, резецировали остистые отростки, желтую связку в междужковом пространстве с расширенной двусторонней фасетэктомией. Во всех случаях осуществляли артродез позвонков, декортикацию задних отделов с костной аутопластикой.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета прикладных программ «Statistica v. 10.0» («StatSoft Inc.») путём подсчёта показателя распространённости признака, вычисления средних величин (M) и их ошибки (m) с определением критерия Стьюдента–Фишера. Использовали U-критерий Манна–Уитни (с поправкой на непрерывность) (матрица (2) по переменной группе. Исключить условие: $v1=3$. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Тесноту взаимосвязи между различными рентгеновскими параметрами оценивали путём расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r).

Результаты

У пациентов 1-й группы основная сколиотическая дуга деформации была мобильной, индекс мобильности составлял $57,7 \pm 2,18$ (100–42,3), индекс стабильности по Казьмину — $0,7 \pm 0,02$. У пациентов 2-й и 3-й групп основная дуга деформации была ригидной. При этом индексы мобильности у пациентов обеих групп были сопоставимыми (табл. 1).

Динамика коррекции основной грудной дуги деформации у пациентов 2-й группы составила $49,9^\circ \pm 4,26$, 3-й группы — $45,8^\circ \pm 2,23$, что свидетельствует о высокой степени коррекции деформации позвоночника у этих пациентов после двухэтапного оперативного лечения ($p < 0,05$). При этом показатели фронтального баланса как до, так и после оперативного лечения существенно не различались (табл. 2).

При этом изменения среднего индекса послеоперационной коррекции у пациентов 1-й группы составили $140,6 \pm 4,5$; 2-й — $169,9 \pm 3,8$, 3-й — $159,0 \pm 3,9$ ($p < 0,05$) что является свидетельством роли переднего релиза в

Таблица 1 / Table 1

Изменения мобильности основной дуги деформации позвоночника у обследованных пациентов
 Changes in mobility of the main arch of spinal deformity in the examined patients

Показатель Index	Группа Group			<i>p</i>		
	1 (<i>n</i> = 30)	2 (<i>n</i> = 31)	3 (<i>n</i> = 33)	1/2	1/3	2/3
Индекс мобильности Mobility index	$57,70 \pm 2,18$	$39,20 \pm 1,52$	$40,60 \pm 1,57$	0,000	0,000	0,600
Индекс Казьмина Kazmin index	$0,70 \pm 0,02$	$0,80 \pm 0,01$	$0,80 \pm 0,01$	0,000	0,000	0,226

Таблица 2 / Table 2

Изменения параметров фронтального баланса у обследованных больных до и после оперативного лечения
Changes in the parameters of the frontal balance in the examined patients before and after surgical treatment

Показатель Parameter	Группа Group			p		
	1 (n = 30)	2 (n = 31)	3 (n = 33)	1/2	1/3	2/3
Основная дуга деформации, градусы						
до операции before the operation	49,5 ± 1,8	85,0 ± 5,1	73,4 ± 2,5	0,001	0,001	0,05
после операции after the operation	10,7 ± 1,2	35,1 ± 3,4	27,6 ± 1,9	0,001	0,001	0,05
Изменение основной дуги Change of the main arc	38,8 ± 1,5	49,9 ± 4,2	45,8 ± 2,2	0,001	0,001	0,05
Фронтальный баланс, мм Frontal balance, mm						
до операции before the operation	6,1 ± 0,6	10,6 ± 0,8	12,0 ± 1,1	0,001	0,001	0,05
после операции after the operation	2,3 ± 0,4	3,2 ± 0,3	3,0 ± 0,4	0,05	0,05	0,05
Изменение фронтального баланса, мм Change of the frontal balance, mm	3,8 ± 0,5	7,4 ± 0,6	9,0 ± 0,7	–	–	–

Таблица 3 / Table 3

Изменения ГК у пациентов
Changes in thoracic kyphosis in patients

Группа Group	До операции Before operation	После операции After operation	Изменение ГК Change in thoracic kyphosis	p
Гипокифоз Hypokyphosis				
1-я 1 st (n = 2)	8,60 ± 0,96	19,20 ± 1,15	+10,60 ± 1,05	< 0,01
2-я 2 nd (n = 6)	5,70 ± 1,64	21,40 ± 2,19	+15,70 ± 1,91	< 0,001
3-я 3 rd (n = 4)	7,30 ± 2,29	16,90 ± 1,13	+9,60 ± 1,71	< 0,01
Нормокифоз Normokyphosis				
1-я 1 st (n = 26)	24,00 ± 0,63	30,60 ± 0,86	+6,60 ± 0,74	< 0,001
2-я 2 nd (n = 19)	22,70 ± 2,16	28,40 ± 1,89	+5,70 ± 2,02	< 0,05
3-я 3 rd (n = 22)	24,50 ± 2,29	27,90 ± 1,13	+3,40 ± 1,71	< 0,05
Гиперкифоз Hyperkyphosis				
1-я 1 st (n = 2)	43,30 ± 0,78	36,60 ± 0,56	-6,70 ± 0,67	< 0,01
2-я 2 nd (n = 5)	49,30 ± 1,48	41,80 ± 1,79	-7,50 ± 1,63	< 0,01
3-я 3 rd (n = 7)	47,10 ± 1,89	32,90 ± 1,15	-14,20 ± 1,52	< 0,001

достижении значимой степени хирургической коррекции деформации.

Искривление во фронтальной плоскости у пациентов с подростковым сколиозом приводит к нарушению сагиттального профиля позвоночника. Одним из ключевых параметров сагиттального баланса в нашем исследовании является величина угла ГК, поскольку он тесно коррелирует с величиной поясничного лордоза. Это в свою очередь может привести к развитию синдрома «смежного уровня». В дальнейшем у пациентов могут развиваться ранние дегенеративные изменения в шейном и поясничном отделах позвоночника, стойкий болевой синдром [12, 13].

Для корректности анализа формирования ГК в послеоперационном периоде у обследованных больных мы распределили их на 3 подгруппы в зависимости от исходной величины ГК: с гипокифозом (ГК < 10°), нормокифозом (ГК = 10–40°) и гиперкифозом (ГК > 40°) (табл. 3).

Показатели формирования ГК у пациентов с исходным гипо- и нормокифозом были существенно лучше у пациентов 2-й группы. Показатели ГК у пациентов 2-й и 3-й групп значимо не различались. У пациентов с исходным гиперкифозом и у пациентов 3-й группы были выявлены значимые различия по сравнению с пациентами 1-й и 2-й групп, что свидетельствует о более высокой эффективности метода одноэтапного хи-

рургического лечения, дополненного многоуровневой G2-остеотомией, при наличии исходного гиперкифоза.

При анализе формирования ГК мы выявили значимые изменения у пациентов 2-й группы с исходным гипо- и нормокифозом после двухэтапного хирургического лечения, дополненного передним релизом и гальпельвиктракцией (рис. 1–3).

У пациентов 3-й группы с гиперкифозом получены значительно превосходящие результаты формирования ГК при одноэтапном хирургическом лечении из дорсального доступа, дополненного G2 остеотомией (рис. 4–6).

Обсуждение

При оценке эффективности вентрального релиза при двухэтапной хирургической коррекции сколиотической деформации мы пришли к выводу об отсутствии значимых различий в эффективности выполнения вентрального релиза торакоскопическим доступом и открытой трансторакальной мобилизацией. Торакоскопическую мобилизацию пациенты переносили легче. Однако при деформациях свыше 85° по Cobb возможности торакоскопического доступа были огра-

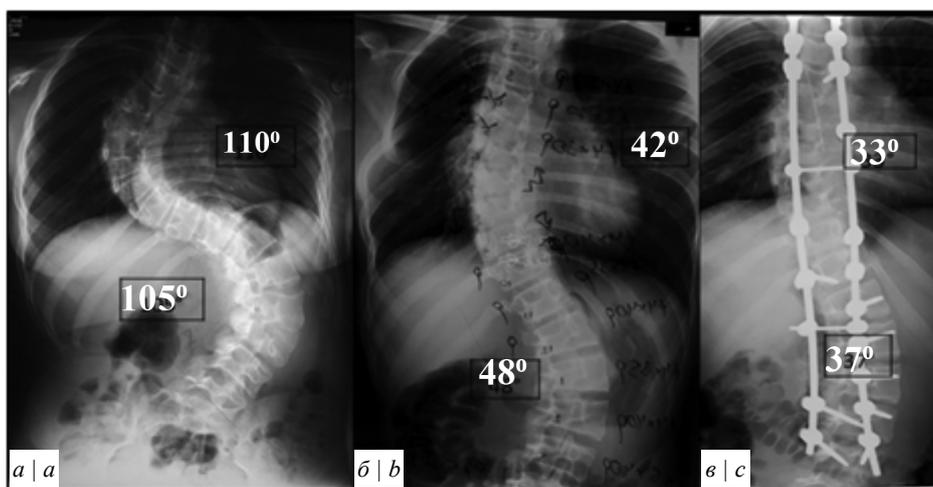


Рис. 1. Рентгенограммы пациентки К., 16 лет, в динамике.

a — до оперативного лечения; *б* — после I хирургического этапа; *в* — после II хирургического этапа.

Fig. 1. Radiographs of patient K., 16 years old, in dynamics.

a — before surgical treatment; *b* — after the I surgical stage; *c* — after the II surgical stage.



Рис. 2. Внешний вид пациентки К., 16 лет, на разных этапах лечения.

a — до операции; *б* — после I хирургического этапа; *в* — после II хирургического этапа; *г* — через 12 мес после операции.

Fig. 2. The appearance of patient K., 16 years old, at different stages of treatment.

a — type before the operation; *b* — after the I surgical stage; *c* — after the II surgical stage; *d* — 12 months after the operation.

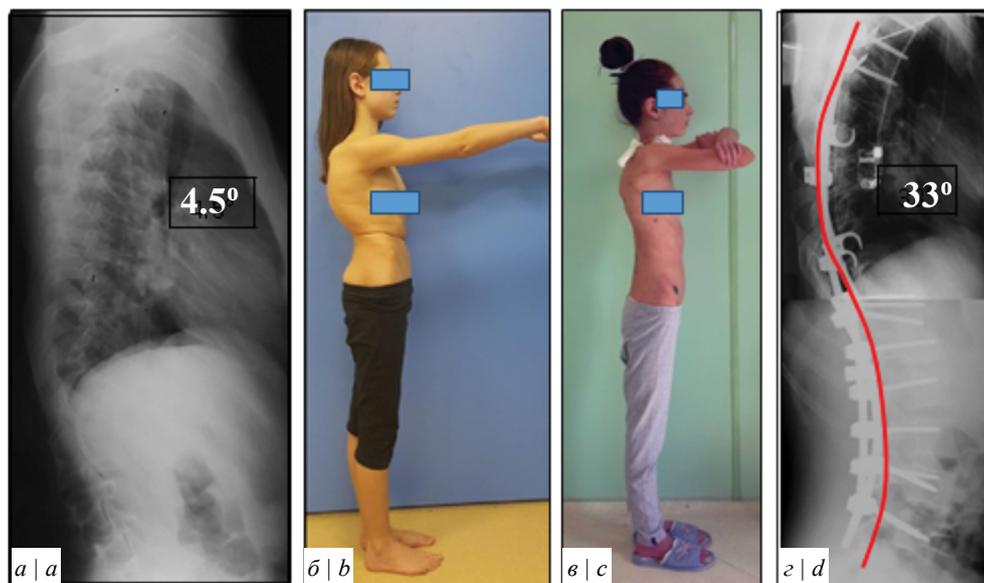


Рис. 3. Вид сбоку пациентки К., 16 лет, и боковые рентгенограммы.

a — снимок до операции в боковой проекции (ТК — $4,5^\circ$ по Cobb); *b* — внешний вид до операции (профиль); *c* — внешний вид после операции (профиль); *d* — снимок до операции в боковой проекции (ТК — 33° по Cobb).

Fig. 3. Side view of patient K., 16 years old, and lateral radiographs.

a — preoperative lateral view (TC — 4.5° according to Cobb); *b* — preoperative appearance (profile); *c* — postoperative appearance (profile); *d* — preoperative lateral view (TC — 33° according to Cobb).

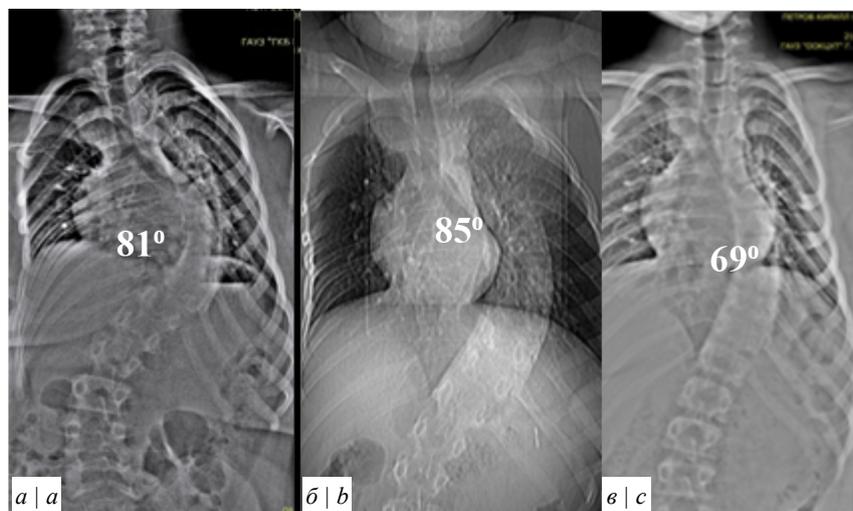


Рис. 4. Рентгенограммы пациента С., 15 лет, до операции.

a — стоя, ТК во фронтальной плоскости — 81° по Cobb; *b* — стоя, ТК в сагиттальной плоскости — 85° по Cobb; *c* — лежа, ТК во фронтальной плоскости — 69° по Cobb; *d* — тракционный тест, ТК — 45° по Cobb.

Fig. 4. Radiographs of patient S., 15 years old, before surgery.

a — standing, TC in the frontal plane — 81° according to Cobb; *b* — standing, TC in the sagittal plane — 85° according to Cobb; *c* — lying down, TC in the frontal plane — 69° according to Cobb; *d* — traction test, TC — 45° according to Cobb.

ничены из-за разнонаправленности плоскости входа в межпозвонковые диски.

Из всех обследованных пациентов в 3 случаях были отмечены неврологические осложнения. У пациентов 1-й группы неврологических осложнений не было. В 1 (3,2%) случае у пациента 2-й группы после выполнения II этапа оперативного лечения развился глубокий нижний парапарез нижних конечностей с нарушением функций тазовых органов. По данным МРТ и КТ данных

за наличие вертебротелулярного конфликта, а также критических мальпозиций опорных элементов металлоконструкции не выявлено, в связи с чем совместно с неврологами было сделано заключение о формировании у больной тракционной миелопатии. Пациентка была взята на ревизионное оперативное вмешательство, снижено тракционное напряжение с металлоконструкции. В течение 4 последующих месяцев отмечен полный регресс неврологического дефицита.

У пациентов 3-й группы зарегистрированы 3 случая неврологических нарушений. В первом случае после хирургического вмешательства у пациента сформировалась клиника грудной миелопатии в виде параплегии нижних конечностей и нарушения функций тазовых органов. При этом по данным компьютерной и магнитно-резонансной томографии убедительных данных за компрессию невралгических структур не получено, ревизионное вмешательство не потребовалось. После длитель-

ного восстановительного лечения, продолжавшегося 12 мес, у ребёнка произошёл регресс неврологических расстройств. В остальных 2 случаях во время операции было зафиксировано снижение сенсорных и моторных вызванных потенциалов, которое не проявилось неврологическими расстройствами после пробуждения пациента, в 1 случае выполнена ламинэктомия на вершине деформации на 4 уровнях [14]. Таким образом, общая частота неврологических нарушений у пациентов 3-й группы составила 9%.

В последние годы у больных с тяжёлыми сколиотическими деформациями всё больше хирургов предпочитают выполнять одноэтапное хирургическое лечение из заднего доступа в комбинации с различными вариантами остеотомий [15]. Выполнение остеотомий позволяет сократить сроки лечения пациентов с деформациями позвоночника, исключив необходимость выполнения двухэтапного оперативного лечения с применением вентрального релиза [15]. Однако, на наш взгляд, полностью отказываться от выполнения вентрального релиза нет оснований, поскольку одним из ключевых звеньев патогенеза сколиотической деформации является смещение пульпозных ядер межпозвонковых дисков в выпуклую сторону деформации, а также асимметричный рост позвонков на вершине деформации в условиях продолженного роста скелета, что определяет необходимость выполнения многоуровневой дискэктомии, во время выполнения которой можно выполнить разрушение зон роста по выпуклой стороне деформации. Это, в свою очередь, позволяет создать условия для формирования «спондилодеза на 360°» и тем самым минимизировать риск рецидива деформации. Следует также отметить повышение эффективности хирургической



Рис. 5. Внешний вид пациента С., 15 лет, с идиопатическим кифосколиозом IV степени до операции (а) и через 3 мес после операции (б).

Fig. 5. The appearance of patient S., 15 years old, with idiopathic kyphoscoliosis of the IV degree before surgery (a) and 3 months after surgery (b).



Рис. 6. Внешний вид пациента С., 15 лет, и рентгенограммы после операции.

a — снимок в прямой проекции; *b* — вид сзади; *в* — вид сбоку; *г* — снимок в боковой проекции. Коррекция деформации составила 55° во фронтальной плоскости и 52° в сагиттальной.

Fig. 6. The appearance of patient S., 15 years old, and radiographs after surgery.

a — a picture in a direct projection; *b* — a back view; *c* — a side view; *d* — a picture in a lateral projection. The correction of the deformity was 55° in the frontal plane and 52° in the sagittal plane.

коррекции сколиоза при выполнении двухэтапного лечения, если между хирургическими этапами применять галотракцию. Она способствует увеличению степени послеоперационной коррекции и уменьшению частоты неврологических осложнений, что связывают с адаптацией спинального кровообращения к коррекции деформации позвоночника [16, 17].

Одним из значимых оснований проведения нашей работы явилось сравнение двух методов лечения: остеотомии G2 и передней дискэктомии. Ранее проведенное биомеханическое сравнение остеотомии G2 и дискэктомии из переднего доступа в эксперименте на трупах [18] было подтверждено нами в клинических условиях. Мы получили значительно более высокую степень коррекции основной дуги деформации во фронтальной плоскости у пациентов 2-й группы, которым выполнялось двухэтапное оперативное лечение. При этом было показано, что использование G2-osteotomii при одноэтапной дорсальной коррекции ИС улучшает показатели как сагиттального, так и фронтального профиля позвоночника. G2-osteotomy исключает необходимость применения у пациентов двухэтапного хирургического вмешательства с релизом передней опорной колонны позвоночника [15].

Установленные нами закономерности свидетельствуют о преимуществах двухэтапной тактики хирургического лечения у пациентов с исходным гипокифозом, что объясняется эффектом выполнения многоуровневой дискэктомии на вершине деформации и позволяет за счёт укорочения передней опорной колонны позвоночника сформировать физиологический ГК при уменьшении натяжения спинного мозга на вершине деформации. Исходя из наших данных, мы считаем использование двухэтапного хирургического вмешательства наиболее эффективным у пациентов с ригидным ИС, особенно у пациентов с исходным грудным гипо- и нормокифозом.

L. Флоссаги и соавт. ставят под сомнение смысл рутинного использования G2-osteotomii в хирургии ИС из-за противоречивых данных по коррекции во фронтальной плоскости и недостаточного анализа в сагиттальной плоскости [19]. В частности, G2-osteotomy обеспечивает степень коррекции деформации позвоночника, согласно рентгеновским данным, во фронтальной плоскости, сопоставимую с эффектом от переднего релиза, при увеличении частоты неврологических осложнений и объёма периоперационной кровопотери [19]. Большая доля неврологических нарушений выявлена нами у пациентов 3-й группы. Это связано с тем, что при G2-osteotomii происходит укорочение задней опорной колонны позвоночника, при этом в процессе посегментарной коррекции деформации могут произойти гофрирование дурального мешка, компрессия невралжных структур за счёт сохраненных фрагментов желтой связки. При этом необходимость обеспечения доступа к позвоночному каналу приводит к риску возникновения гематом в эпидуральном пространстве. Мы считаем, что выбор тактики хирургического лечения с применением G2-osteotomii должен определяться четкими показаниями, в том числе исходной мобильностью передней опорной колонны позвоночника при исходном гиперкифозе и ригидности заднего опорного комплекса позвоночника, поскольку биомеханически такой вид остеотомии направлен на укорочение задней опорной колонны.

Полученные нами данные у пациентов с гиперкифозом свидетельствуют о преимуществах использования G2-osteotomii у пациентов с исходным гиперкифозом по сравнению с одноэтапным и двухэтапным хирургическим лечением (проведённым пациентам 1-й и 2-й групп, что ранее было отмечено A. Ponte и соавт. [20].

Заключение

Состояние сагиттального профиля позвоночника, в том числе выраженность ГК, является значимым критерием выбора тактики хирургического лечения сколиотических деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника у детей. При лечении ригидных деформаций грудного и грудопоясничного отделов позвоночника, сопровождающихся нормо- или гипокифозом, предпочтительнее выполнять двухэтапное хирургическое вмешательство с использованием вентрального релиза. Это особенно важно, если у больного сохраняется потенциал роста скелета. Применение торакоскопии для переднего релиза позвоночника при его деформациях значительно снижает риск осложнений по сравнению с открытым передним релизом. Галопельвиктракция существенно увеличивает степень послеоперационной коррекции сколиотической деформации и минимизирует вероятность неврологических осложнений. Тяжёлые ригидные сколиотические деформации, сопровождающиеся выраженным гиперкифозом грудного отдела позвоночника у детей, рекомендуется лечить с помощью одноэтапной задней хирургической коррекции с использованием многоуровневой G2-osteotomii на протяжении кифотической деформации [3]. Тем не менее использование G2-osteotomii не рекомендуется для пациентов с нормальным или сниженным ГК. Это связано с высоким риском неврологических осложнений, вероятностью образования псевдоартроза и увеличением объёма кровопотери во время операции.

Литература

(п.п. 2–6; 8; 10–20 см. References)

1. Чернядьева М.А., Васюра А.С. Хирургическое лечение прогрессирующего идиопатического сколиоза у подростков 10-14 лет: обзор литературы. *Хирургия позвоночника*. 2019; 16(3): 33–40. <https://doi.org/10.14531/ss2019.3.33-40> <https://elibrary.ru/ldjhpa>
7. Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Кисель А.А., Прохоров А.Н., Еналдиева Р.В. Дорсальная хирургическая коррекция сколиоза инструментарием Cotrel Dubousset с предварительной галопельвиктракцией и без нее. *Хирургия позвоночника*. 2005; (4): 32–9. <https://elibrary.ru/hsrnqx>
9. Челпаченко О.Б., Жердев К.В., Фисенко А.П., Яцык С.П., Дьяконова Е.Ю., Бутенко А.С., и др. Нарушения баланса туловища при деформациях позвоночника и нестабильности тазобедренных суставов. *Детская хирургия*. 2020; 24(2): 89–95. <https://doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-2-89-95> <https://elibrary.ru/ykmuqm>

References

1. Chernyadyeva M.A., Vasyura A.S. Surgical treatment of progressive idiopathic scoliosis in adolescents aged 10-14 years: a literature review. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2019; 16(3): 33–40. <https://doi.org/10.14531/ss2019.3.33-40> <https://elibrary.ru/ldjhpa> (in Russian)
2. Shufflebarger H.L., Geck M.J., Clark C.E. The posterior approach for lumbar and thoracolumbar adolescent idiopathic scoliosis: posterior shortening and pedicle screws. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004; 29(3): 269–76. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000109881.63411.48>

3. Schwab F., Blondel B., Chay E., Demakakos J., Lenke L., Tropiano P., et al. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery*. 2015; 76(Suppl. 1): 33–41. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000462076.73701.09>
4. Sudo H., Abe Y., Kokabu T., Kuroki K., Iwata A., Iwasaki N. Impact of multilevel facetectomy and rod curvature on anatomical spinal reconstruction in thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018; 43(19): 1135–42. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002628>
5. Bodendorfer B.M., Shah S.A., Bastrom T.P., Lonner B.S., Yaszay B., Samdani A.F., et al. Restoration of thoracic kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis over a twenty-year period: are we getting better? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020; 45(23): 1625–33. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003659>
6. Kandwal P., Goswami A., Vijayaraghavan G., Subhash K.R., Jaryal A., Upendra B.N., et al. Staged anterior release and posterior instrumentation in correction of severe rigid scoliosis (Cobb Angle >100 Degrees). *Spine Deform*. 2016; 4(4): 296–303. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2015.12.005>
7. Vetrile S.T., Kuleshov A.A., Kisel A.A., Prokhorov A.N., Enaldieva R.V. Dorsal surgical correction of scoliosis with Cotrel Dubouset instruments with and without preliminary halopelvictraction. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2005; (4): 32–9. <https://elibrary.ru/hsrnqx> (in Russian)
8. Diebo B.G., Challier V., Shah N.V., Kim D., Murray D.P., Kelly J.J., et al. The Dubouset functional test is a novel assessment of physical function and balance. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2019; 477(10): 2307–15. <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000000820>
9. Chelpachenko O.B., Zherdev K.V., Fisenko A.P., Yatsyk S.P., Dyakonova E.Yu., Butenko A.S., et al. Body balance disorders in spine deformations and hip joints instability. *Detskaya khirurgiya*. 2020; 24(2): 89–95. <https://doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-2-89-95> <https://elibrary.ru/ykmuqm> (in Russian)
10. Uribe J.S., Schwab F., Mundis G.M., Xu D.S., Januszewski J., Kanter A.S., et al. The comprehensive anatomical spinal osteotomy and anterior column realignment classification. *J. Neurosurg. Spine*. 2018; 29(5): 565–75. <https://doi.org/10.3171/2018.4.SPINE171206>
11. Chelpachenko O.B., Gusev A.A., Pimbursky I.P., Butenko A.S., Samokhin K.A., Zherdev K.V., et al. The use of thoracoscopic release in the surgical correction of thoracic scoliosis in children. *J. Pediatr. Surg.* 2024; 161913. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2024.161913>
12. Bernstein P., Hentschel S., Platzek I., Hühne S., Ettrich U., Hartmann A., et al. Thoracic flat back is a risk factor for lumbar disc degeneration after scoliosis surgery. *Spine J*. 2014; 14(6): 925–32. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.07.426>
13. Feng J., Zhou J., Huang M., Xia P., Liu W. Clinical and radiological outcomes of the multilevel Ponte osteotomy with posterior selective segmental pedicle screw constructs to treat adolescent thoracic idiopathic scoliosis. *J. Orthop. Surg. Res.* 2018; 13(1): 305. <https://doi.org/10.1186/s13018-018-1001-0>
14. Traversari M., Ruffilli A., Barile F., Viroli G., Manzetti M., Vita F., et al. Surgical treatment of severe adolescent idiopathic scoliosis through one-stage posterior-only approach: A systematic review and meta-analysis. *J. Craniovertebr. Junction. Spine*. 2022; 13(4): 390–400. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_80_22
15. Harfouch E.B., Bunyan R.F., Al Faraidy M., Dajim N.B., Al Mulhim F.A., Alnemari H.H., et al. The effect of Ponte osteotomies on the sagittal shape of rods and spine derotation in adolescent idiopathic scoliosis: a single-center, retrospective cohort study. *World Neurosurg.* 2022; 15: 100125. <https://doi.org/10.1016/j.wnsx.2022.100125>
16. Luhmann S.J., Lenke L.G., Kim Y.J., Bridwell K.H., Schootman M. Thoracic adolescent idiopathic scoliosis curves between 70 degrees and 100 degrees: is anterior release necessary? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005; 30(18): 2061–7. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000179299.78791.96>
17. Rocos B., Reda L., Lebel D.E., Dodds M.K., Zeller R. The use of halo gravity traction in severe, stiff scoliosis. *J. Pediatr. Orthop.* 2021; 41(6): 338–43. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001830>
18. Wang C., Bell K., McClincy M., Jacobs L., Dede O., Roach J., et al. Biomechanical comparison of Ponte osteotomy and discectomy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015; 40(3): 141–5. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000697>
19. Floccari L.V., Poppino K., Greenhill D.A., Sucato D.J. Ponte osteotomies in a matched series of large AIS curves increase surgical risk without improving outcomes. *Spine Deform*. 2021; 9(5): 1411–8. <https://doi.org/10.1007/s43390-021-00339-x>
20. Ponte A., Orlando G., Siccardi G.L. The true Ponte osteotomy: by the one who developed it. *Spine Deform*. 2018; 6(1): 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2017.06.006>

Сведения об авторах:

Пимбурский Иван Петрович, врач – детский хирург, аспирант ФГАУ НМИЦ здоровья детей Минздрава России, bdfyltvbljd@yandex.ru; **Бутенко Андрей Сергеевич**, врач травматолог-ортопед ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, butenko.as@nczd.ru; **Челпаченко Олег Борисович**, доктор мед наук, гл. науч. сотр. лаб. научных основ нейроортопедии и ортопедии, проф. каф. детской хирургии с курсом анестезиологии и реанимации, врач травматолог-ортопед нейроортопедического отд-ния с ортопедией ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; руководитель отдела травматологии и медицины катастроф, врач травматолог-ортопед консультативно-диагностического отд-ния, ст. преподаватель учебно-методического отдела ГБУЗ «НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ, Chelpachenko81@mail.ru; **Давыдов Денис Михайлович**, зам. гл. врача по медицинской части, врач нейрохирург, травматолог-ортопед ГАУЗ «Оренбургский областной клинический центр хирургии и травматологии», dedaneuro1977@rambler.ru; **Давлетгалеев Гумар Тасбулатович**, ст. преподаватель каф. травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО ОГМУ, врач травматолог-ортопед отд-ния плановой травматологии ГАУЗ «Оренбургский областной клинический центр хирургии и травматологии», gumar1982@yandex.ru; **Суменко Владимир Валерьевич**, канд. мед. наук, доцент каф. педиатрии ФГБОУ ВО ОГМУ, sumenkovv@mail.ru; **Жердев Константин Владимирович**, гл. науч. сотр., доктор мед. наук, зав. нейроортопедическим отд-нием с ортопедией ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, проф. каф. детской хирургии и урологии-андрологии им. проф. Л.П. Александрова ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), drzherdev@mail.ru; **Яцык Сергей Павлович**, член-корр. РАН, доктор мед. наук, проф. каф. детской хирургии им. акад. С.Я. Долецкого ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, macadamia@yandex.ru