



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА ВВЕДЕНИЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНЫХ ВИНТОВ С МЕТОДИКОЙ FREE-HAND У ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ

С.В. Колесов, В.С. Колян, А.И. Казьмин, Е.В. Гулаев

*Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия*

Цель исследования. Анализ интраоперационных данных и результатов лечения пациентов с идиопатическим сколиозом при двух вариантах открытого введения транспедикулярных винтов по методике free-hand.

Материал и методы. Проанализированы данные 457 пациентов 16–35 лет, которым проведено хирургическое лечение идиопатического сколиоза одним хирургом. У 236 пациентов установку винтов осуществляли ручным способом, у 221 — при помощи силового оборудования. Подготовку канала для проведения транспедикулярных винтов в обеих группах осуществляли техникой free-hand. Корректность положения винтов интраоперационно оценивали при помощи ЭОП и нейрофизиологического мониторинга. Оценивали продолжительность операции и рентген-контроля, кровопотерю, а также наличие интра- и послеоперационных осложнений.

Результаты. В группе I пациентам установлено 4243 винта, в группе II — 3978. Корректное положение транспедикулярных винтов в группе I зафиксировано в 89,1 % случаев, в группе II — в 89,6 %; некорректное положение в группе I — 10,9 % случаев, в группе II — 10,4 %. Количество перепроведенных интраоперационно винтов соответствовало числу некорректно расположенных. Выявлена статистически значимая разница в объеме интраоперационной кровопотери и продолжительности операции между пациентами обеих групп ($p < 0,05$).

Заключение. Развитие и активное внедрение высокотехнологичных методов хирургического лечения деформаций позвоночника увеличивает количество проводимых ежегодно вмешательств. Предложенный комбинированный метод введения транспедикулярных винтов представляется оптимальным, так как ручное формирование канала снижает риск интраоперационных осложнений, а использование силового оборудования при установке винта сокращает продолжительность операции и уменьшает кровопотерю.

Ключевые слова: транспедикулярные винты, идиопатический сколиоз, метод введения.

Для цитирования: Колесов С.В., Колян В.С., Казьмин А.И., Гулаев Е.В. Сравнительный анализ эффективности комбинированного метода введения транспедикулярных винтов с методикой free-hand у пациентов с идиопатическим сколиозом // Хирургия позвоночника. 2022. Т. 19. № 2. С. 12–18.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2022.2.12-18>.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE COMBINED METHOD OF INSERTING PEDICLE SCREWS WITH THE FREE-HAND TECHNIQUE IN PATIENTS WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS

S.V. Kolesov, V.S. Kolyan, A.I. Kazmin, E.V. Gulaev

National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russia

Objective. To analyze intraoperative data and results of treatment of patients with idiopathic scoliosis with two options of the open insertion of pedicle screws using the free-hand technique.

Material and Methods. The data of 457 patients aged 16–35 years who underwent surgical treatment for idiopathic scoliosis by one surgeon were analyzed. In 236 patients (Group I), the screws were placed manually, and in 221 (Group II) — using power tool. The preparation of the canal for pedicle screws in both groups was performed using the free-hand technique. The correct position of the screws was assessed intraoperatively using an image intensifier and neurophysiological monitoring. The duration of surgery and X-ray monitoring, blood loss, and the presence of intra- and postoperative complications were assessed.

Results. In Group I, 4243 screws were inserted, and in Group II — 3978. The correct position of pedicle screws was recorded in 89.1 % of cases in Group I, and in 89.6 % of cases in Group II. In Group I, the incorrect position of anchor elements was detected in 10.9 % of cases, and in Group II — in 10.4 % of cases. The number of screws re-positioned intraoperatively corresponded to the number of incorrectly positioned screws. There was a statistically significant difference in the volume of intraoperative blood loss and duration of surgery between patients of both groups ($p < 0.05$).

Conclusion. The development and active introduction of high-tech methods of surgical treatment of spinal deformities increase the number of interventions performed annually. The proposed combined method of surgical treatment seems to be optimal because manual formation of the canal reduces the risk of intraoperative complications, and the use of power tool during screw placement shortens duration of surgery and reduces blood loss.

Key Words: pedicle screws, idiopathic scoliosis, insertion technique.

Please cite this paper as: Kolesov SV, Kolyan VS, Kazmin AI, Gulaev EV. Comparative analysis of the effectiveness of the combined method of inserting pedicle screws with the free-hand technique in patients with idiopathic scoliosis. *Hir. Pozvonoc.* 2022;19(2):12–18. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2022.2.12-18>.

Сколиоз – это трехплоскостная деформация позвоночника, причины которой могут быть различными. Одним из самых распространенных видов является идиопатический сколиоз [1, 2]. В США данная патология встречается у 1–3 % населения страны и составляет самую большую группу искривлений позвоночника [3, 4]. В России нет точных сведений по заболеваемости, но, по различным источникам [5, 6], она варьирует от 2 до 10 %, составляя 50–80 % всех деформаций позвоночника.

Спонтанное появление и быстрое прогрессирование деформации нередко приводит к косметическому дефекту (образованию реберного горба), что вкупе с ортопедическими проблемами вызывает социальную дезадаптацию таких пациентов [7]. Ранняя диагностика и консервативное лечение имеют ключевое значение для предотвращения прогрессирования заболевания. При этом из общего числа пациентов, страдающих идиопатическим сколиозом, 1–5 % нуждаются в хирургическом лечении [8].

Появление инструментария 3-го поколения, предложенного Cotrel et al. [9], позволило совершить значительный прорыв в лечении идиопатического сколиоза. Во многих работах сравнивали крючковые системы с винтовыми [10–14], оценивали безопасность и риски осложнений для пациентов [15–17], при этом большинство исследователей пришли к заключению, что полностью винтовая компоновка является методом выбора [18–20].

Таким образом, на данный момент золотым стандартом хирургического лечения идиопатического сколиоза является дорсальная коррекция с при-

менением транспедикулярных винтов, имплантированных методом free-hand [21], который позволяет проводить винты и в грудном, и в поясничном отделах позвоночника без постоянного рентген-контроля. Метод получил активное развитие и широкое распространение по всему миру, при этом ряд исследований [22–24] показал, что ортопеды являются лидерами по количеству травм опорно-двигательного аппарата, в частности кисти и всей верхней конечности.

Для облегчения и ускорения методики, разработанной Lenke [21], в 2015 г. Seehausen et al. [25] предложили использование электроинструментов для формирования транспедикулярного канала и установки винта, а также сравнили данную технологию с методом, при котором используют ручные инструменты. Исследователи пришли к выводу, что использование электроинструментов сокращает время операции, снижает риск ревизии винтов, а также представляет одинаково низкий риск травмирования пациентов. Дальнейшее изучение методики Seehausen нашло отражение в работах, которые рассматривали преимущества и недостатки данного метода [26, 27].

В мультицентровом исследовании, результаты которого представили Skaggs et al. [28] в 2021 г., показано, что формирование транспедикулярного канала с использованием ручных и электроинструментов демонстрирует аналогичные результаты по количеству интраоперационных травм и ревизий винтов. Несмотря на это, для многих хирургов применение электроинструментов для формирования канала в ножке позвонка и проведения самого винта до сих пор

остается сомнительным из-за ожидаемых высоких рисков повреждения невралных структур и магистральных сосудов. Для придания массовости данной методике мы предлагаем метод комбинированного формирования канала и проведения транспедикулярного винта.

Цель исследования – анализ интраоперационных данных и результатов лечения пациентов с идиопатическим сколиозом при двух вариантах открытого введения транспедикулярных винтов по методике free-hand.

Материал и методы

Дизайн: ретроспективное моноцентровое исследование.

Пациенты

Проведен ретроспективный анализ данных 457 пациентов 16–30 лет, которым выполнили хирургическое лечение идиопатического сколиоза из дорсального доступа. Все операции проводил один хирург. Критерии включения в исследование:

- идиопатический сколиоз грудной, грудопоясничной и поясничной локализации;
- отсутствие предшествующих оперативных вмешательств на позвоночнике;
- отсутствие онкологических заболеваний.

Пациенты были разделены на 2 группы. Основную (I) группу составили 236 пациентов, оперированных в период с 1 января по 31 декабря 2019 г., которым во время вмешательства установку транспедикулярного винта осуществляли полностью ручным способом. В контрольную (II) группу вошел 221 пациент, прооперированный в период с 1 января по 31 дека-

бря 2021 г., транспедикулярные винты имплантировали при помощи силового оборудования (медицинской дрели).

Средний срок послеоперационного наблюдения в группе I составил $27,5 \pm 7,1$ мес., в группе II – $8,2 \pm 4,8$ мес.

Методика

Подготовка канала для проведения транспедикулярных винтов в обеих группах осуществлялась техникой free-hand. После стандартных этапов оперативного доступа к задним элементам позвонков, проведения фасетэктомии по всей зоне запланированной инструментации и определения точки ввода винта перфорировали кортикальную пластинку шилом в области проекции корня дуги, формировали первичное отверстие с палпацией стенок и дна филлером (важно, чтобы они были костными по всей окружности сформированного отверстия), определяли длину винтового хода, метчиком проводили нарезку резьбы под винт, после чего вводили винт либо ручным способом (отверткой), либо при помощи силового оборудования [29].

Подтверждение корректности положения транспедикулярных винтов интраоперационно оценивали при помощи ЭОП и нейрофизиологического мониторинга. При неудовлетворительном расположении винта его перепроводили.

На некорректное положение винта во время интраоперационной рент-

генографии указывали следующие факторы:

- прохождение винта медиально или латерально от корня дуги на прямой рентгенограмме;
- винт не пересекает медиальную часть корня дуги на прямой рентгенограмме;
- прохождение винта выше или ниже корня дуги на боковой рентгенограмме [29].

Нейрофизиологический мониторинг проводили для профилактики проводниковых и радикулярных неврологических осложнений. Использовали модальности моторных и соматосенсорных вызванных потенциалов, спонтанной ЭМГ, теста транспедикулярных винтов. Мышечные ответы регистрировали при помощи игольчатых электродов, расположенных посегментарно, исходя из уровня операции. При выполнении теста транспедикулярных винтов стимуляцию проводили при помощи ручной пробы, одиночными стимулами для поясничного уровня и трейнами по 5 стимулов для грудного уровня. Интенсивность стимуляции – 2–20 мА, длительность стимула – 200 мкс, в качестве критерия безопасности применяли уровень стимуляции 8 мА, без возникновения мышечного ответа. ЭМГ-ответы оценивали при отсутствии миорелаксации, под контролем оценки нейромышечной блокады. В нашем исследовании

после интраоперационного мониторинга перепровели 38 винтов.

Дооперационные исследования включали МРТ и КТ всего позвоночника, постуральные рентгенограммы в двух проекциях, bending-тест. Истории болезней изучили для определения возраста пациента на момент операции, пола, индекса массы тела, диагноза, наличия хронических заболеваний, а также послеоперационных осложнений. Операционные журналы проанализировали для оценки продолжительности операции и ЭОП-контроля, объема кровопотери, наличия интраоперационных осложнений, связанных с подготовкой транспедикулярного канала или установкой винта.

Корректность расположения винтов в послеоперационном периоде осуществляли рентген-контролем. Рутинное КТ-исследование не проводили.

Послеоперационные осложнения оценивали при помощи модифицированной в 2022 г. классификации Clavien – Dindo для пациентов с идиопатическим сколиозом [30].

Статистический анализ

Для описательной статистики данные представлены в виде $M \pm SD$, где M – среднее значение признака, SD – среднее квадратичное отклонение. Сопоставление частотных характеристик числовых критериев выполняли с помощью точного критерия Фишера. Различия между сравниваемыми группами считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Статистический анализ осуществлялся при помощи U-критерия Манна – Уитни, χ^2 критерия Пирсона с использованием программ Microsoft Office Excel и Statistica 12.0.

Результаты

Проанализировали истории болезней и протоколы операций 457 пациентов. Сравнимые группы сопоставимы по основным характеристикам пациентов, включая сопутствующую патологию (табл. 1).

Суммарное количество транспедикулярных винтов в обеих группах –

Таблица 1

Характеристика пациентов групп исследования

Показатель	Группа I (n = 236)	Группа II (n = 221)	p
Средний возраст, лет	$19,5 \pm 1,8$	$20,3 \pm 1,4$	0,961
Пол, n (%)			
М	93 (39,4)	90 (40,7)	0,287
Ж	143 (60,6)	131 (59,3)	
Индекс массы тела, кг/м ²	$20,9 \pm 2,7$	$21,5 \pm 2,3$	0,385
Хронические заболевания, n (%)			
Сахарный диабет	3 (1,3)	2 (0,9)	0,752
Гастрит	8 (3,4)	7 (3,2)	0,845
Ожирение I ст.	4 (1,7)	3 (1,4)	0,687
Гипотиреоз	3 (1,3)	4 (1,8)	0,697

Таблица 2

Сравнительная характеристика установленных винтов в группах исследования

Показатель	Группа I (n = 236)	Группа II (n = 221)	p
Общее количество винтов, n	4243	3978	0,275
Винты в грудном отделе, n (%)	2593 (61,6)	2649 (66,6)	0,301
Винты в поясничном отделе, n (%)	1650 (38,9)	1329 (33,4)	0,123
Корректно расположенные винты, n (%)	3778 (89,1)	3562 (89,6)	0,189
Некорректно расположенные винты, n (%)	465 (10,9)	416 (10,4)	0,354
Винты, перепроведенные интраоперационно, n	465	416	0,265
Повреждение дуральной оболочки вследствие формирования канала или при проведении винта, n	0	0	—

Таблица 3

Сопоставление групп исследования по продолжительности операции, ЭОП-контроля и уровню кровопотери

Показатель	Группа I (n = 236)	Группа II (n = 221)	p
Продолжительность операции, мин	260,8 ± 77,5	242,1 ± 55,3	0,034
Продолжительность ЭОП-контроля, мин	5,3 ± 1,8	5,5 ± 1,6	0,512
Кровопотеря, мл	950,4 ± 173,2	876,4 ± 167,5	0,041

8681. Группы не имеют достоверных различий по характеристикам, касающимся уровня фиксации (в обеих группах большая часть опорных элементов приходится на грудной отдел позвоночника), корректности положения винтов, частоты их перепроведения. Повреждений дуральной оболочки вследствие формирования канала или при проведении винта в обеих группах не отмечено (табл. 2).

Вместе с тем при оценке объема интраоперационной кровопотери и продолжительности операции между пациентами обеих групп выявлена статистически значимая разница ($p < 0,05$); время, затраченное на проведение ЭОП-контроля, в группах оказалось сопоставимым (табл. 3).

В группе I послеоперационные осложнения I степени по Clavien – Dindo диагностированы у 92 (38,9 %) пациентов, II степени – у 23 (9,7 %), что практически не отличалось от группы II, где осложнения I степени отмечены у 87 (39,4 %) пациентов, II – у 22 (9,6 %). Ни у одного пациента обеих групп

не было осложнений III, IV (а, б) и V степеней. При I степени осложнений $p = 0,684$; при II – $p = 0,573$.

Обсуждение

Идиопатический сколиоз является одним из самых распространенных заболеваний опорно-двигательного аппарата во всем мире [1, 2], как правило, проявляющимся в период интенсивного роста в подростковом возрасте, чаще – у представительниц женского пола, что отмечено и в нашем исследовании. Консервативные методы лечения, позволяющие своевременно диагностировать и исправить деформацию либо отложить момент операции до окончания костного роста [31–33], не всегда эффективны, часто необходимо хирургическое лечение.

Для нас ключевым фактором в выборе метода лечения является безопасность пациента и хирурга. При выполнении любой коррекции сколиоза, помимо ЭОП-контроля, мы,

как и большинство исследователей, используем нейрофизиологический мониторинг [34–36] для профилактики проводниковых и радикулярных неврологических осложнений. Данная методика позволяет минимизировать риски от неправильного имплантирования винтов. Высокий уровень надежности интраоперационного мониторинга при хирургическом лечении идиопатического сколиоза неоднократно продемонстрирован ранее [37, 38].

Стоит отметить, что введение транспедикулярных винтов ручными инструментами связано с определенными колебательными движениями – это может привести к изменению траектории винта и нарушению костных стенок предварительно сформированного канала. Исследования на трупах показали, что электроинструменты уменьшают раскачивание винтов при установке [39]. Наше исследование также подтверждает эффективность силового оборудования при имплантации опорных элементов.

Seehausen et al. [25] уделяли особое внимание выбору мощности инструментов при формировании канала. Авторы указывали, что это является ключевым фактором, который может привести к повреждениям сосудистых структур и других осложнений. В нашем исследовании этот показатель невозможно было отследить из-за отсутствия авторегулирования скорости и мощности, в связи с чем параметры работы силового оборудования управлялись силами хирурга.

Классификация степени послеоперационных осложнений Clavien – Dindo, впервые предложенная в 1992 г. и включавшая в себя четыре степени [40], в 2004 г. была расширена до семи степеней за счет дополнения ее опасными для жизни состояниями и долгосрочной инвалидностью [41]. В 2022 г. предложена модификация данной классификации для пациентов с идиопатическим сколиозом [30], которую мы применили в работе. Первый опыт ее использования позволяет подтвердить более объективную оценку всех

осложнений, в том числе выявить количество малых осложнений, которые зачастую не отражаются в большинстве работ. Внедрение данной классификации в работу отделения позволит сформировать адаптированную русскоязычную версию классификации для последующего внедрения в широкую клиническую практику.

В ходе исследования показано, что использование силового оборудования для установки транспедикулярных винтов не повышает риск осложнений: ни одному из пациентов на протяжении всего периода наблюдения не потребовалось проведения ревизионного вмешательства. При этом объем кровопотери и продолжительность операции при применении силового оборудования оказались меньше, хотя другие авторы статистически значимой разницы данных показателей не отмечают [25, 28], считая, что при подготовке транспедикулярного канала силовым оборудова-

нием требуется особая осторожность при его формировании в ножке позвонка, вследствие чего происходит увеличение времени операции и кровопотери.

Заключение

Постоянное совершенствование техники операций, повышение качества знаний и умений хирурга, внедрение новых методов лечения и диагностики способствуют более качественному оказанию хирургической помощи. Предложенный комбинированный метод введения транспедикулярного винта при сопоставимых рисках интраоперационных осложнений позволяет сократить продолжительность операции и уменьшить кровопотерю.

Для оценки отдаленных результатов необходимы дальнейшие исследования, в том числе и мультицентровые, что позволит более детально изучить вопрос эффективности и безопасности силового оборудова-

ния при хирургическом лечении пациентов с идиопатическим сколиозом.

Особый интерес за рамками данного исследования может представлять влияние методики введения транспедикулярного винта на повреждение кисти и всей верхней конечности хирурга. Пока оценить этот показатель не представляется возможным, хотя применение комбинированного формирования канала и введения транспедикулярного винта может иметь положительное влияние на эти показатели.

Ограничения достоверности исследования. Исследование является моноцентровым ретроспективным, при этом все хирургические вмешательства выполнены одним хирургом с большим (более 10 лет) опытом инструментальной фиксации позвоночника, что нивелирует влияние кривой обучения установки транспедикулярных винтов.

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

Литература/References

- Rosenberg JJ. Scoliosis. *Pediatr Rev.* 2011;32:397–398. DOI: 10.1542/pir.32-9-397.
- Gacitua MV, Gonzalez MC, Sanz C, Mulli V, Goddard P, Rolon ED, Castello P, Hiebra MDC, Pappolla R, Gentile LF, Ruggiero S, Severini A, Pasqualini D. [Adolescent idiopathic scoliosis]. *Arch Argent Pediatr.* 2016;114:585–594. DOI: 10.5546/aap.2016.585.
- Weinstein SL. The natural history of adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 2019;39:S44–S46. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001350.
- Kuznia AL, Hernandez AK, Lee LU. Adolescent idiopathic scoliosis: common questions and answers. *Am Fam Physician* 2020;101:19–23.
- Sosnin AG, Aleynik AY, Mlyavikh SG, Yarikov AV, Smirnov II. Posterior spondylosynthesis in the treatment of idiopathic thoracic scoliosis. *University Proceedings. Volga Region. Medical. Sciences.* 2020;(3):5–20. DOI: 0.21685/2072-3032-2020-3-1.
- Дудин М.Г., Михайловский М.В., Садовой М.А., Пинчук Д.Ю., Фомичев Н.Г. Идиопатический сколиоз: кто виноват и что делать? // Хирургия позвоночника. 2014. № 2. С. 8–20. [Dudin MG, Mikhailovsky MV, Sadovoy MA, Pinchuk DY, Fomichev NG. Idiopathic scoliosis: who is to blame and what to do? *Hir. Pozvonoc.* 2014;(2):8–20]. DOI: 10.14531/ss2014.2.8-20.
- Пятакова Г.В., Оконешникова О.В., Кожевникова А.О., Виссарионов С.В. Психологические аспекты лечения и реабилитации пациентов с подростковым идиопатическим сколиозом: анализ исследований // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2019. Т. 7. № 2. С. 103–115. [Pyatakova GV, Okoneshnikova OV, Kozhevnikova AO, Vissarionov SV. Psychological aspects of treatment and rehabilitation of patients with adolescent idiopathic scoliosis: research analysis. *Pediatr Traumatol Orthop Reconstr Surg.* 2019;7(2):103–115]. DOI: 10.17816/PTORS72103-115.
- Lonstein JE. Scoliosis: surgical versus nonsurgical treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;443:248–259. DOI: 10.1097/01.blo.0000198725.54891.73.
- Cotrel Y, Dubousset J, Guillaumat M. New universal instrumentation in spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;227:19–23.
- Asghar J, Samdani AF, Pahys JM, D'andrea LP, Guille JT, Clements DH, Betz RR. Computed tomography evaluation of rotation correction in adolescent idiopathic scoliosis: a comparison of an all pedicle screw construct versus a hook-rod system. *Spine.* 2009;34:804–807. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181996c1b.
- Dobbs MB, 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.
- Wu X, Yang S, Xu W, Yang C, Ye S, Liu X, Li J, Wang J. Comparative intermediate and long-term results of pedicle screw and hook instrumentation in posterior correction and fusion of idiopathic thoracic scoliosis. *J Spinal Disord Tech.* 2010;23:467–473. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3181bf6797.
- 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.* 31:291–298. DOI: 10.1097/01.brs.0000197865.20803.d4.
- Liljenqvist U, Lepsien U, Hackenberg L, 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.
15. Suk SI, Kim WJ, Lee SM, Kim JH, Chung ER. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities are they really safe? *Spine.* 2001;26:2049–2057. DOI: 10.1097/00007632-200109150-00022.
 16. Cote P, Cassidy JD, Carroll L. The Saskatchewan Health and Back Pain Survey. The prevalence of neck pain and related disability in Saskatchewan adults. *Spine.* 1998;23:1689–1698. DOI: 10.1097/00007632-199808010-00015.
 17. Esses SI, Sachs BL, Dreyzin V. Complications associated with the technique of pedicle screw fixation. *Spine.* 1993;18:2231–2239. DOI: 10.1097/00007632-199311000-00015.
 18. Suk SI, Lee SM, Chung ER, 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.
 19. Suk SI, Kim JH, Kim SS, Lim DJ. Pedicle screw instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis (AIS). *Eur Spine J.* 2012;21:13–22. DOI: 10.1007/s00586-011-1986-0.
 20. Liljenqvist UR, Halm HF, Link TM. Pedicle screw instrumentation of the thoracic spine in idiopathic scoliosis. *Spine.* 1997;22:2239–2245. DOI: 10.1097/00007632-199710010-00008.
 21. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Cho YS, Riew KD. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? *Spine.* 2004;29:333–342. DOI: 10.1097/01.brs.0000109983.12113.9b.
 22. Alqahtani SM, Alzahrani MM, Harvey EJ. Prevalence of musculoskeletal disorders among orthopedic trauma surgeons: an OTA survey. *Can J Surg.* 2016;59:42–47. DOI: 10.1503/cjs.014415.
 23. Alzahrani MM, Alqahtani SM, Tanzer M, Hamdy RC. Musculoskeletal disorders among orthopedic pediatric surgeons: an overlooked entity. *J Child Orthop.* 2016;10:461–466. DOI: 10.1007/s11832-016-0767-z.
 24. Auerbach JD, Weidner ZD, Milby AH, Diab M, Lonner BS. Musculoskeletal disorders among spine surgeons: Results of a survey of the Scoliosis Research Society membership. *Spine.* 2011;36:E1715–E1721. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31821cd140.
 25. Seehausen DA, Skaggs DL, Andras LM, Javidan Y. Safety and efficacy of power-assisted pedicle tract preparation and screw placement. *Spine Deform.* 2015;3:159–165. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.07.001.
 26. Yan H, Jiang D, Xu L, Liu Z, Sun X, Sha S, Qiu Y, Zhu Z. Does the full power-assisted technique used in pedicle screw placement affect the safety and efficacy of adolescent idiopathic scoliosis surgery? *World Neurosurg.* 2018;116:e79–e85. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.04.047.
 27. Faldini C, Virolì G, Fiore M, Barile F, Manzetti M, Di Martino A, Ruffilli A. Power-assisted pedicle screws placement: Is it as safe and as effective as manual technique? Narrative review of the literature and our technique. *Musculoskelet Surg.* 2021;105:117–123. DOI: 10.1007/s12306-021-00714-x.
 28. Skaggs DL, Compton E, Vitale MG, Garg S, Stone J, Fletcher ND, Illingworth KD, Kim HJ, Ball J, Kim EB, Keil L, Harris H, Shah SP, Andras LM. Power versus manual pedicle tract preparation: a multi-center study of early adopters. *Spine Deform.* 2021;9:1395–1402. DOI: 10.1007/s43390-021-00347-x.
 29. Колесов С.В. Хирургия деформаций позвоночника / под ред. акад. РАН и РАМН С.П. Миронова. М., 2014. С. 115–118. [Kolesov SV. Surgery of Spine Deformities, ed. by acad. S.P. Mironov. Moscow, 2014:115–118.]
 30. Guisse NF, Stone JD, Keil LG, Bastrom TP, Erickson MA, Yaszay B, Cahill PJ, Parent S, Gabos PG, Newton PO, Glotzbecker MP, Kelly MP, Pahys JM, Fletcher ND. Modified Clavien–Dindo–sink classification system for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform.* 2022;10:87–95. DOI: 10.1007/s43390-021-00394-4.
 31. Lotan S, Kalichman L. Manual therapy treatment for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bodyw Mov Ther.* 2019;23:189–193. DOI: 10.1016/j.jbmt.2018.01.005.
 32. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, Diers H, Grivas TB, Knott P, Kotwicki T, Lebel A, Marti C, Maruyama T, O'Brien J, Price N, Parent E, Rigo M, Romano M, Stikeleather L, Wynne J, Zaina F. 2016 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord.* 2018;13:3. DOI: 10.1186/s13013-017-0145-8.
 33. Day JM, Fletcher J, Coghlan M, Ravine T. Review of scoliosis-specific exercise methods used to correct adolescent idiopathic scoliosis. *Arch Physiother.* 2019;9:8. DOI: 10.1186/s40945-019-0060-9.
 34. Yu T, Li QJ, Zhang XW, Wang Y, Jiang QY, Zhu XJ, Jiang ZD, Zhao JW. Multimodal intraoperative monitoring during surgical correction of scoliosis to avoid neurologic damage. *Medicine (Baltimore).* 2019;98:e15067. DOI: 10.1097/MD.00000000000015067.
 35. Thirumala PD, Huang J, Thiagarajan K, Cheng H, Balzer J, Crammond DJ. Diagnostic accuracy of combined multimodality somatosensory evoked potential and transcranial motor evoked potential intraoperative monitoring in patients with idiopathic scoliosis. *Spine.* 2016;41:e1177–e1184. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001678.
 36. Thirumala PD, Bodily L, Tint D, Ward WT, Deeney VF, Crammond DJ, Habeych ME, Balzer JR. Somatosensory-evoked potential monitoring during instrumented scoliosis corrective procedures: validity revisited. *Spine J.* 2014;14:1572–1580. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.09.035.
 37. Nino MC, Cohen D, Mejia JA, Onate R, Gonzalez M, Vallejo CA, Vallejo MG. Regarding intraoperative neurophysiologic monitoring in idiopathic scoliosis surgery: other techniques to improve safety. *Can J Anaesth.* 2021;68:1290–1291. DOI: 10.1007/s12630-021-02000-7.
 38. Cofano F, Zenga F, Mammi M, Altieri R, Marengo N, Ajello M, Pacca P, Melcarne A, Junemann C, Ducati A, Garbossa D. Intraoperative neurophysiological monitoring during spinal surgery: technical review in open and minimally invasive approaches. *Neurosurg Rev.* 2019;42:297–307. DOI: 10.1007/s10143-017-0939-4.
 39. Elliott D. The use of power tools in the insertion of cortical bone screws. *Injury.* 1992;23:451–452. DOI: 10.1016/0020-1383(92)90061-v.
 40. Clavien PA, Sanabria JR, Strasberg SM. Proposed classification of complications of surgery with examples of utility in cholecystectomy. *Surgery.* 1992;111:518–526.
 41. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: A new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg.* 2004;240:205–213. DOI: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae.

Адрес для переписки:

Колян Владимир Самвелович
127299, Россия, Москва, ул. Приорова, 10,
Национальный медицинский исследовательский центр
травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова,
vladkolyan96@inbox.ru

Address correspondence to:

Kolyan Vladimir Samvelovich
National Medical Research Center
of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov,
10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia,
vladkolyan96@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 18.04.2022

Рецензирование пройдено 13.05.2022

Подписано в печать 17.05.2022

Received 18.04.2022

Review completed 13.05.2022

Passed for printing 17.05.2022

Сергей Васильевич Колесов, д-р. мед. наук, заведующий отделением патологии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0001-9657-8584, kolesov@yandex.ru;
Владимир Самвелович Колян, клинический ординатор кафедры травматологии и ортопедии, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0003-0890-8710, vladkolyan96@inbox.ru;
Аркадий Иванович Казьмин, канд. мед. наук, врач отделения патологии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0003-2330-0172, kazmin.cito@mail.ru;
Евгений Владимирович Гулаев, врач-невролог, врач функциональной диагностики, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0002-3464-8927, evlgul@mail.ru.

Sergey Vasilyevich Kolesov, DMSc, Prof., Head of the Spinal Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0001-9657-8584, kolesov@yandex.ru;
Vladimir Samvelovich Kolyan, resident of the Department of Traumatology and Orthopaedics, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0003-0890-8710, vladkolyan96@inbox.ru;
Arkady Ivanovich Kazmin, MD, PhD, orthopedic surgeon in Spine Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0003-2330-0172, kazmin.cito@mail.ru;
Evgeny Vladimirovich Gulaev, neurologist, functional diagnostics doctor, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0002-3464-8927, evlgul@mail.ru.



КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

В.В. Новиков
Хирургическая тактика и оказание
специализированной помощи больным
с тяжелыми формами сколиоза

М.: ФИЗМАТЛИТ, 2022. 208 с.
ISBN 978-5-9221-1928-3.

В книге подробно описана система оказания высокоспециализированной помощи больным с тяжелыми формами сколиотической деформации позвоночника. Приводится рабочая классификация тяжелых форм сколиозов с учетом величины деформации, мобильности и риска неврологических осложнений. Показан способ радикального исправления тяжелых сколиозов. Подробно описана методика транспозиции спинного мозга как вариант хирургического лечения осложненных кифосколиозов. Предлагается способ интраоперационной диагностики неврологических осложнений при операциях на позвоночнике, а также целостная система прогнозирования и профилактики неврологических осложнений при хирургическом лечении пациентов с тяжелыми сколиозами.

Книга предназначена травматологам-ортопедам, нейрохирургам, физиологам, научным сотрудникам, неврологам и врачам других специальностей, занимающимся лечением деформаций позвоночника.

