



СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕДИКУЛЯРНОЙ СУБТРАКЦИОННОЙ ОСТЕОТОМИИ ПРИ ПЕРВИЧНЫХ И РЕВИЗИОННЫХ ОПЕРАЦИЯХ

А.А. Пантелеев*, Д.С. Горбатюк, М.Л. Сажнев, А.И. Казьмин, В.С. Переверзев, С.В. Колесов

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, РФ

Цель исследования: оценить клинические и рентгенологические результаты применения педикулярной субтракционной остеотомии (PSO) при первичных и ревизионных операциях для определения целесообразности проведения радикальной коррекции сагиттального дисбаланса позвоночника при первом оперативном вмешательстве.

Пациенты и методы. Проведен ретроспективный анализ 42 пациентов (30 мужчин и 12 женщин, средний возраст 58,5 лет) с ригидными деформациями позвоночника, перенесших операцию PSO. Ревизионные вмешательства (группа Р) были выполнены в 23 наблюдениях, первичные (группа П) — в 19. Проводили сравнительный анализ позвоночно-тазовых параметров и глобального сагиттального баланса, демографических показателей, объема интраоперационной кровопотери, продолжительности операции, осложнений в отдаленном послеоперационном периоде, показателей качества жизни пациентов по визуально-аналоговой шкале, шкалам SRS-22 и ODI.

Результаты. Минимальный срок наблюдения составил 12 мес. Наиболее частым уровнем остеотомии был L3. Не было выявлено различий в протяженности фиксации, продолжительности операции, степени сегментарной коррекции. При этом средний объем кровопотери был статистически значимо ниже в группе П ($p < 0,05$). При анализе изменений рентгенологических параметров в отдаленном послеоперационном периоде статистически значимые различия были установлены для показателей поясничного лордоза и несоответствия поясничного лордоза и тазового индекса, которые были лучше в группе П. В обеих группах констатировали значительное улучшение качества жизни после операции, при этом статистически значимые различия касались только показателя ODI с преимуществом в группе П. Серьезные осложнения констатировали в 47,8 и 31,6% наблюдений в группе Р и группе П соответственно ($p < 0,05$). Ревизионные вмешательства понадобились в 26,1% случаев в группе Р и в 15,8% — в группе П.

Заключение. Применение методики PSO при первичных оперативных вмешательствах позволяет более эффективно корригировать глобальный сагиттальный баланс позвоночника за счет пояснично-крестцового отдела. В то же время ее применение при первичных вмешательствах сопряжено с меньшим объемом интраоперационной кровопотери и меньшими рисками формирования псевдоартроза и развития неврологических осложнений.

Ключевые слова: педикулярная субтракционная остеотомия, ригидные деформации позвоночника, сагиттальный баланс, позвоночно-тазовые параметры

Конфликт интересов: не заявлен

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки

Для цитирования: Пантелеев А.А., Горбатюк Д.С., Сажнев М.Л., Казьмин А.И., Переверзев В.С., Колесов С.В. Сравнение эффективности применения педикулярной субтракционной остеотомии при первичных и ревизионных операциях. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2018; 2: 5–12. <https://doi.org/10.32414/0869-8678-2018-2-5-12>

COMPARISON OF THE USE OF PEDICLE SUBTRACTION OSTEOTOMY (PSO) IN PRIMARY AND REVISION OPERATIONS

A.A. Pantelev*, D.S. Gorbatyuk, M.L. Sazhnev, A.I. Kaz'min, V.S. Pereverzev, S.V. Kolesov

N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia

Purpose of study: to evaluate clinical and roentgenologic results of the use of pedicle subtraction osteotomy (PSO) in primary and revision operations to determine the feasibility of radical spinal sagittal imbalance correction at primary surgical intervention.

Patients and methods. Retrospective review of 42 patients (30 men and 12 women, mean age — 58.5 years) with rigid spinal deformities who underwent PSO was performed. Revision interventions (group R) were performed in 23 cases, primary (group P) — in 19 cases. The comparative analysis of spino-pelvic parameters and global spine balance, demographic indices, volume of intraoperative blood loss, duration of surgical intervention, complications in the late postoperative period and quality-of-life indices by SRS-22 and ODI scores was performed.

Results. Minimum follow up period was 12 months. Osteotomy was more often performed at L3 level. No differences in the extent of fixation, duration of surgical intervention and degree of segmental correction were detected. The average blood loss was significantly lower in group P ($p < 0.05$). Analysis of the late postoperative period changes in roentgenologic parameters showed statistically significant differences for the lumbar lordosis index as well as inconsistency between the lumbar lordosis and pelvic index that were better in group P. Quality of life increased significantly in both groups with the only statistically significant difference in ODI that was better in group P. Serious complications were observed in 47.8 and 38.6% of cases in group R and group P, respectively ($p < 0.05$). Revision interventions were required in 26.1% of cases in group R and in 15.8% — in group P.

Conclusion. In primary surgical interventions use of PSO technique enables to correct global spinal sagittal balance more effectively. Its use in primary interventions ensures lower volume of intraoperative blood loss as well as lower risk of pseudarthrosis formation and neurologic disorders development.

Key words: pedicle subtraction osteotomy, rigid spinal deformities, sagittal balance, spino-pelvic parameters

Conflict of interest: the authors state no conflict of interest

Funding: the study was performed with no external funding

For citation: *Panteleev A.A., Gorbatyuk D.S., Sazhnev M.L., Kaz'min A.I., Pereverzev V.S., Kolesov S.V.* Comparison of the Use of Pedicle Subtraction Osteotomy (PSO) in Primary and Revision Operations. N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics. 2018; 2: 5–12 (in Russian). <https://doi.org/10.32414/0869-8678-2018-2-5-12>

Введение. В связи со старением населения и ростом внимания пациентов к качеству жизни, деформации позвоночника с нарушением сагиттального баланса приобретают все большее значение в структуре заболеваемости. Несмотря на относительно высокие риски осложнений, спрос на хирургическое лечение пациентов с данной патологией с каждым годом растет, в связи с чем в арсенале спинальных хирургов все более прочное место занимают корригирующие остеотомии позвоночника [1–4].

Педикулярная субтракционная остеотомия (pedicle subtraction osteotomy — PSO) заключается в клиновидной резекции всех трех колонн позвоночного столба и обеспечивает около 30° коррекции за счет одного позвоночно-двигательного сегмента [5–8]. Впервые методика была применена для коррекции сагиттальных деформаций у пациентов с болезнью Бехтерева [6, 9]. В настоящее время PSO используется для коррекции сагиттального баланса при деформациях самого разного происхождения — от дегенеративных изменений, приводящих к уменьшению поясничного лордоза, до синдрома плоский спины у пациентов после многократных оперативных вмешательств и тяжелых посттравматических деформаций с выраженным грудным и даже поясничным кифозом [5, 10, 11]. Чаще всего PSO выполняется в поясничном отделе позвоночника, что связано с возможностями более выраженной коррекции за счет одного сегмента в этом отделе. Ввиду своей радикальности данная методика связана с техническими сложностями и часто сопровождается значительной интраоперационной кровопотерей и высоким риском как интраоперационных, так и послеоперационных осложнений [10, 12–14], которые становятся еще более выраженными в случаях, когда остеотомия проводится на оперированном позвоночнике. Необходимость удаления элементов ранее установленной металлоконструкции, а также рубцовые изменения мягких тканей, в особенности прилегающих к дуральной оболочке и спинномозговым корешкам, обуславливают увеличение продолжительности операции, степень кровопотери, риски неврологических осложнений, уменьшают возможности коррекции деформации [15–21]. Тем не менее данные литературы свидетельствуют о том, что, как правило, PSO все же выполняется при ревизионных операциях с целью восстановления оптимального сагиттального баланса у пациентов с неудовлетворительными результатами предшествующего оперативного лечения [15, 22].

Большое число пациентов с деформациями позвоночника, обращающихся за хирургической помощью, уже имеет в анамнезе одну или более операций на позвоночнике. В то же время применение PSO при первичных коррекциях деформаций позвоночника все еще носит ограниченный характер даже при наличии ригидных деформаций с нарушением сагиттального баланса [11].

Цель настоящего исследования: оценить клинические и рентгенологические результаты применения PSO при первичных и ревизионных операциях для определения целесообразности проведения радикальной коррекции сагиттального дисбаланса позвоночника при первом оперативном вмешательстве.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Был проведен ретроспективный анализ 49 пациентов, прошедших хирургическое лечение с применением PSO в условиях нашего отделения в период с 2012 по 2017 г. Основным этапом хирургического вмешательства во всех случаях был выполнен двумя хирургами по стандартной методике. Всем пациентам проводилась остеотомия на одном уровне и четырехстержневая фиксация. Исследование одобрено локальным этическим комитетом и выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

Критерии включения: возраст старше 18 лет, наличие ригидной деформации позвоночника с нарушением сагиттального баланса, PSO в поясничном отделе позвоночника, наличие постуральных рентгенограмм и данных оценки качества жизни до операции и в отдаленном послеоперационном периоде (минимальный срок после операции — 12 мес).

Критерии исключения: активный инфекционный процесс, спондилит, злокачественное онкологическое заболевание, острая травма.

Всем пациентам, включенным в исследование, выполняли постуральные рентгенограммы во весь рост (с захватом нижнешейного отдела позвоночника и головок бедренных костей) в двух проекциях до операции и в отдаленном послеоперационном периоде. Измерения рентгенологических параметров позвоночника были выполнены двумя независимыми сотрудниками в целях объективизации данных. Анализ рентгенологических данных проводили при помощи программного обеспечения Surgimap. Определяли глобальные сагиттальные позвоночные параметры — отклонение сагиттальной вертикальной оси (SVA — sagittal vertical axis — расстояние между вертикальной

Рис. 1. Пациентка, 53 года. Диагноз: левосторонний поясничный сколиоз IV степени. Состояние после оперативного лечения. Синдром плоской спины. Нарушение сагиттального баланса. Операция: перемонтаж металлоконструкции с продлением фиксации; PSO на уровне L1. Постуральные рентгенограммы до (а) и после (б) операции.

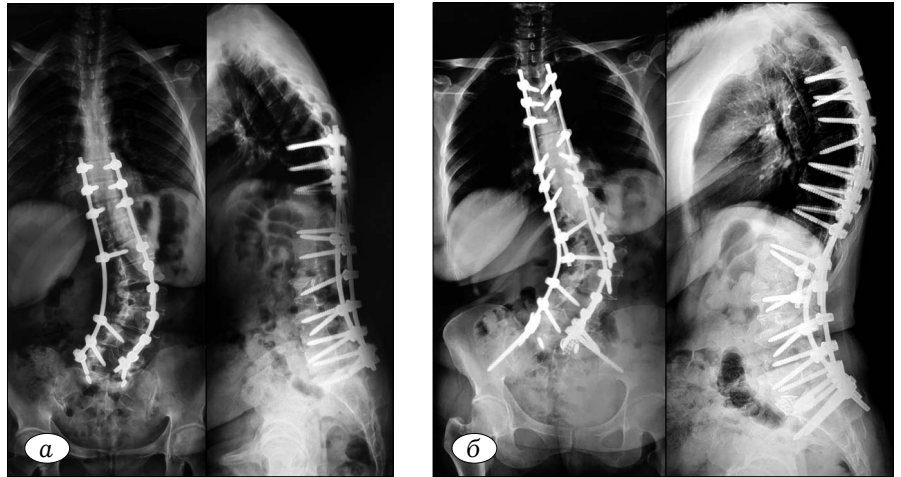


Fig. 1. Patient, 53 years old. Diagnosis: Type 4 lumbar levoscoliosis. Condition after surgical treatment. Flatback syndrome. Violation of sagittal balance. Surgery: reassembly of metal structures with the prolongation of fixation; PSO at L1 level. Postural radiographs before (a) and after (b) surgery.

линией от С7 и верхним задним углом S1), грудной кифоз (угол по Cobb измеряли по нижним замыкательным пластинкам Th4 и Th12), поясничный лордоз (LL — lumbar lordosis, угол по Cobb измеряли по верхним замыкательным пластинкам L1 и S1) и тазовые параметры — наклон крестца (SS — sacral slope), наклон таза (PT — pelvic tilt) и тазовый индекс (PI — pelvic incidence) [23]. Полученные данные также использовали для вычисления несоответствия PI-LL [24].

Было сформировано две группы пациентов. В группу Р вошли ранее оперированные пациенты (во всех случаях в анамнезе имела место транспедикулярная фиксация и/или декомпрессия невралических структур) с ригидными деформациями позвоночника и нарушением сагиттального баланса, у которых ревизионные операции были выполнены с применением PSO (рис. 1). Вторую группу, группу П, составили пациенты с нарушением сагиттального баланса и показаниями к выполнению корригирующей остеотомии, у которых операции на позвоночнике, в том числе с использованием PSO, выполнялись впервые (рис. 2).

Во всех случаях из медицинской документации были выписаны и проанализированы данные о денситометрических показателях, интраоперационных осложнениях, объеме кровопотери, продолжительности операции, сроках послеопера-

ционной госпитализации, повторных операциях, а также о характере оперативного вмешательства (протяженность фиксации, уровень остеотомии). В отдаленном послеоперационном периоде оценивали серьезные осложнения (повлиявшие на исход оперативного лечения), включая инфекционные и неврологические осложнения, нестабильность металлоконструкции, псевдоартроз, PJK/DJK (proximal/distal junctional kyphosis — кифоз проксимальной/дистальной переходных зон). Также проводили сравнение показателей качества жизни пациентов согласно данным опросников ODI (Oswestry Disability Index), SRS-22, ВАШ (визуальная аналоговая шкала) до операции и при последнем осмотре.

Для статистического анализа использовали программное обеспечение IBM SPSS Statistics 22.0. Показатели выражали в виде средних значений и среднеквадратичного отклонения. Дихотомические переменные анализировали с использованием непараметрических методов, что обусловлено небольшим объемом выборки. Анализируемые данные оценивали и проверяли по нескольким критериям. Независимые выборки оценивали с помощью критерия χ^2 Пирсона, Q-критерия Розенбаума (при отсутствии достоверности выборку перепроверяли по критерию Фишера), U-критерия Манна — Уитни, критерия Колмогорова — Смир-

Рис. 2. Пациентка, 69 лет. Диагноз: комбинированный сколиоз IV степени. Выраженное нарушение сагиттального баланса. Операция: транспедикулярная фиксация и коррекция грудного, поясничного отделов позвоночника; PSO на уровне L3. Постуральные рентгенограммы до (а) и после (б) операции.

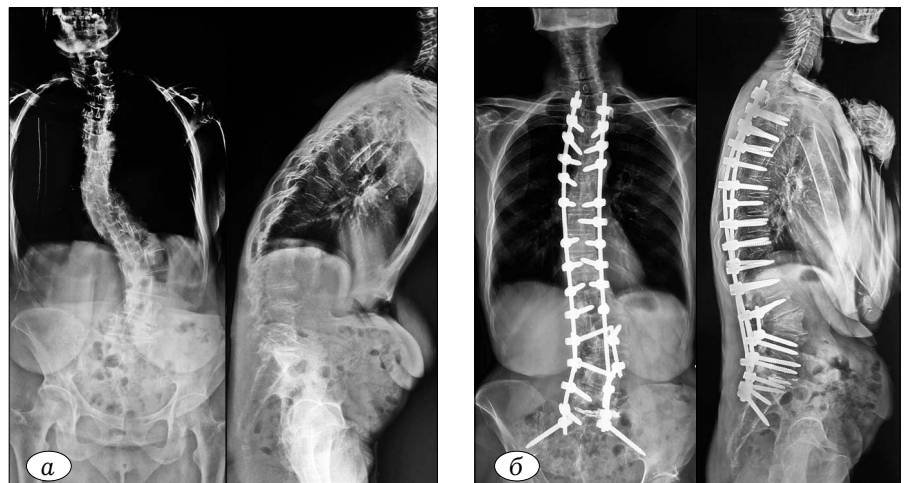


Fig. 2. Patient, 69 years old. Diagnosis: Type 4 combined scoliosis. Pronounced violation of sagittal balance. Surgery: transpedicular fixation and correction of the thoracic and lumbar spine; PSO at L3 level. Postural radiographs before (a) and after (b) surgery.

нова. В указанную категорию данных входили показатели динамики состояния (в частности, степень достигнутой коррекции кифотической деформации в градусах) пациентов различных групп. Связанные выборки (данные, отражающие динамику состояния одних и тех же пациентов) оценивали с помощью *W*-критерия Вилкоксона. Порог статистической значимости *p* был принят равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из 49 прооперированных критериям включения соответствовали 42 пациента, среди них 30 женщин и 12 мужчин. Средний возраст пациентов составил 58,5±10,2 (18–77) года. В зависимости от этиологии деформации распределение было

следующим: пациенты с деформациями взрослого возраста и нарушением сагиттального баланса — 30, болезнь Бехтерева — 3, постоперационный синдром плоской спины — 3, диспластический или врожденный кифосколиоз — 5, посттравматический кифоз — 1.

В группа Р вошло 23 пациента, в группу П — 19. Группы были сопоставимы по полу, возрасту, индексу массы тела, денситометрическим показателям (табл. 1). Наиболее часто PSO выполняли на уровне L3 (47,8% в группе Р и 52,6% в группе П), несколько реже — на уровне L4 (26,1 и 21,1% соответственно). Средняя протяженность фиксации составила 9,2±3,3 уровня при первичных операциях и 11,6±2,4 — при ревизионных (*p*>0,05). При этом средняя протяженность фиксации на момент операции в группе Р составила 6,9±4,1 уровня, а среднее число предшествующих оперативных вмешательств — 1,7 (1–4). Средний срок послеоперационного наблюдения составил 2,4 года.

Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила 395±185 мин в группе Р и 407±201 мин — в группе П (*p*>0,05), средний объем кровопотери — 2545±2077 и 1895±1260 мл соответственно (*U*-критерий Манна—Уитни и критерий Колмогорова—Смирнова, *p*<0,05; см. табл. 1). Значительный разброс показателей кровопотери отражает высокую травматичность операции и кривую обучения хирургов.

Статистически значимых различий средних значений предоперационных рентгенологических показателей между группами выявлено не было (см. табл. 1). Средний угол сегментарной коррекции в группе ревизионных вмешательств составил 26,3±6,2°, в группе первичных операций — 28,1±8,9° (*p*>0,05). В обеих группах были отмечены положительные изменения позвоночно-тазовых параметров и глобального сагиттального баланса в раннем и отдаленном послеоперационных периодах (табл. 2).

Результаты оценки качества жизни пациентов показали, что в обеих группах качество жизни значительно улучшилось по всем показателям. При этом стоит отметить, что до операции в группе Р показатели были статистически значимо ниже, чем в группе П (табл. 3). При сравнении групп по степени улучшения качества жизни в отдаленном периоде статистически значимые различия были получены только для показателя ODI, тогда как динамика оценок по шкалам SRS-22 и ВАШ оказалась сопоставимой (см. табл. 3).

Табл. 1. Характеристика пациентов
Table 1. Patient characteristics

Показатель	Группа Р	Группа П	<i>p</i>
Женщины, %	70	74	0,506
Возраст, годы	57,8±11,6	60,2±8,4	0,321
ИМТ, кг/м ²	26,1±5,9	25,9±7,3	0,788
МПК, г/см ²	0,794±0,112	0,811±0,143	0,302
Объем кровопотери, мл	2545±2077	1895±1260	0,023*
Длительность операции, мин	395±185	407±201	0,421
Грудной кифоз, °	28,7±15,4	29,9±16,8	0,715
Поясничный лордоз, °	22,3±20,2	23,1±17,7	0,214
SVA, см	12,2±8,3	11,6±6,1	0,369
PT, °	29,4±9,9	28,8±8,2	0,604
PI-LL, °	33,2±19,6	31,9±14,8	0,256

Примечание. ИМТ — индекс массы тела, МПК — минеральная плотность кости.

Табл. 2. Показатели изменения рентгенологических показателей в группах сравнения

Table 2. Alteration indices of radiological indicators in comparison groups

Рентгенологический параметр	Группа Р	Группа П	<i>p</i>
Сегментарная коррекция, °	26,3±6,2	28,1±8,9	0,422
Грудной кифоз, °	11,1±9,3	9,6±10,8	0,107
Поясничный лордоз, °	22,3±18,8	28,6±20,7	0,009
SVA, см	7,2±5,5	9,4±6,1	0,083
PT, °	8,2±6,6	8,9±9,1	0,211
PI-LL, °	21,2±14,1	27,9±17,8	0,018

Табл. 3. Показатели качества жизни в соответствии с опросниками ВАШ, ODI, SRS-22 до операции и степени их улучшения в отдаленном послеоперационном периоде

Table 3. Quality-of-life indicators according to VAS, ODI, SRS-22 questionnaires before the surgery and the degree of their improvement in the late postoperative period

Шкала оценки	До операции			% улучшения		
	группа Р	группа П	<i>p</i>	группа Р	группа П	<i>p</i>
ВАШ, баллы	6,4±3,4	5,8±4,1	0,025	52,1±37,6	53,5±41,3	0,736
ODI, %	61,3±32,0	52,7±38,6	0,002	31,7±22,0	46,5±28,4	0,007
SRS-22, баллы	2,06±2,11	2,84±2,59	0,017	46,4±41,2	48,3±39,7	0,474

Табл. 4. Встречаемость (в %) серьезных интра- и послеоперационных осложнений**Table 4.** The occurrence (in %) of serious intra- and postoperative complications

Осложнение	Группа Р	Группа П
Дуральные повреждения/ликворея	13	10,5
Переломы стержней	8,7	10,5
Псевдоартроз	21,7	5,3
РJK/DJK	13	10,5
Неврологический дефицит	21,7	5,3
Инфекция	8,7	10,5

Доля пациентов с серьезными осложнениями в периоперационном и отдаленном послеоперационном периодах в группе Р оказалась выше, чем в группе П — 47,8 и 31,6% соответственно ($p < 0,05$). В структуре осложнений в группе Р значительно чаще регистрировали неврологические осложнения и развитие псевдоартроза (табл. 4) Ревизионные вмешательства понадобились в 26,1% случаев в группе Р и в 15,8% — в группе П. Длительность послеоперационного пребывания пациентов в стационаре статистически значимо не отличалась и составила $11,3 \pm 12,8$ и $12,4 \pm 10,4$ сут при ревизионных и первичных операциях соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на высокую травматичность методики и относительно высокий риск развития осложнений, связанный с ее применением, PSO остается одним из наиболее эффективных инструментов коррекции сагиттального баланса у пациентов с ригидными деформациями позвоночника. До настоящего времени большинство хирургов, особенно в отечественной спинальной хирургии, прибегало к применению PSO в крайних случаях, в основном при необходимости коррекции выраженного сагиттального дисбаланса у пациентов, уже подвергавшихся хирургическому лечению в прошлом. Для данной категории пациентов, как правило, характерен обширный костный блок в области оперативного вмешательства, гиполордоз, кифотизация смежных с металлоконструкцией отделов позвоночника, что требует значительной коррекции в условиях минимальной мобильности позвоночно-двигательных сегментов. Все эти изменения «включают» компенсаторные механизмы опорно-двигательного аппарата, направленные на восстановление баланса — ретроверсия таза, сгибание в тазобедренных и коленных суставах, разгибание в грудном и шейном отделах позвоночника. Однако при выраженном нарушении позвоночно-тазовых параметров мышц, обеспечивающие компенсаторные изменения, переутомляются, возникает хронический болевой синдром, значительно страдает качество жизни пациента. Данные нарушения могут иметь место и у пациентов с деформациями позвоночника, которым ранее не проводилось хирургическое лечение, и, при условии низкой мобильности позвоночного столба,

являются прямыми показаниями к выполнению корригирующей PSO.

За счет сегментарной клиновидной резекции PSO позволяет приблизить позвоночно-тазовые параметры к норме, восстанавливая тем самым глобальный сагиттальный баланс позвоночника. Оптимальный сагиттальный баланс в свою очередь обеспечивает функционально выгодное положение всех отделов опорно-двигательного аппарата, снимает постоянную нагрузку на мышцы и обуславливает значительное снижение выраженности болевого синдрома. Однако, учитывая довольно высокую травматичность методики, ее использование в условиях ревизионного оперативного вмешательства может быть сопряжено с техническими сложностями и повышенным риском интраоперационных осложнений. Основные неблагоприятные факторы применения PSO при ревизионных операциях включают необходимость удаления старых конструкций, выраженные рубцовые изменения мягких тканей и анкилоз позвонков, рубцово-спаечный процесс в позвоночном канале. В то же время проведение PSO при первичных операциях у пациентов с нарушением сагиттального баланса все еще не имеет широкого распространения, что, вероятно, связано с нежеланием спинальных хирургов прибегать к столь радикальной методике при «первой попытке» коррекции сагиттального дисбаланса.

В отечественной литературе нам не удалось найти данных по эффективности применения PSO в условиях ревизионных или первичных вмешательств, как и крупных исследований по применению методики в целом. Освещение данной проблемы в мировой литературе также очень ограничено, и анализ незначительного числа исследований, посвященных сравнению эффективности применения PSO при ревизионных и первичных операциях, не позволяет сделать однозначных выводов. По данным крупного мультицентрового исследования M.C. Gupta и соавт. [25], проведенного в рамках International Spine Study Group, применение PSO у первичных пациентов позволяет добиться более выраженной коррекции позвоночно-тазовых параметров и характеризуется статистически значимой тенденцией к меньшему числу осложнений. С другой стороны, при сравнении эффективности трехколонных остеотомий при первичных и ревизионных операциях D. Lau и соавт. не выявили статистически значимых различий как в частоте осложнений, так и в степени коррекции позвоночно-тазовых параметров [26]. При этом при анализе клинических результатов хирургического лечения пациентов с дегенеративными деформациями в целом исходы первичных и ревизионных вмешательств значимо не различались [22]. В то же время первичные оперативные вмешательства сопровождались значительно меньшим числом осложнений и лучшими клиническими результатами хирургического лечения [18], что также подтверждается результатами исследования B. Diebo и соавт. [17],

которые показали, что частота осложнений при ревизионных вмешательствах на 30% выше.

В нашем исследовании группы сравнения не различались по демографическим показателям, параметрам денситометрии. Всем пациентам выполнялась остеотомия на одном уровне, чаще всего на уровне L3 с последующей четырехстержневой фиксацией. По продолжительности оперативного вмешательства статистически значимых различий между группами выявлено не было, однако в группе с первичными операциями объем кровопотери был достоверно ниже в среднем на 20%, что связано с характерным для ревизионных операций повышением объема кровопотери за счет рубцовых изменений мягких тканей. Средний угол сегментарной коррекции за счет остеотомии статистически значимо не различался и составил 26,3° и 28,1° для ревизионных и первичных вмешательств, что согласуется с данными, представленными в литературе [5, 27–29]. Позвоночно-тазовые параметры и показатели глобального сагиттального баланса, которые измерялись на постуральных рентгенограммах, также не имели существенных различий между группами в предоперационном периоде. В отдаленном послеоперационном периоде в группе первично прооперированных пациентов наблюдалась тенденция к более выраженной коррекции показателей SVA, наклона таза, и грудного кифоза, однако данные различия не превышали установленного порога статистической значимости. Важно отметить, что различия в среднем угле коррекции поясничного лордоза и степени коррекции несоответствия PI–LL были статистически значимыми. Данные показатели были на 22 и 24% выше в группе пациентов, которым проводились первичные операции, что указывает на менее удовлетворительные результаты коррекции позвоночно-тазовых параметров при ревизионных вмешательствах. М.С. Gupta и соавт. [25] также показали, что адекватных значений несоответствия PI–LL в группе первично прооперированных удалось добиться на 26% чаще, чем при ревизионных вмешательствах. Эти различия, вероятно, можно объяснить более выраженным анкилозом поясничного отдела позвоночника, наличием межтелового спондилодеза и межтеловых имплантатов у значительной части оперированных ранее пациентов, что ограничивает степень возможной коррекции пояснично-крестцового отдела позвоночника. В то же время приближающиеся к статистически значимым различия в степени коррекции SVA, а соответственно — глобального сагиттального баланса, с более низкими показателями в группе ревизионных вмешательств, могут отражать наличие кифотических изменений смежных с зоной металлофиксации уровней позвоночного столба, что особенно характерно для оперированных пациентов со сниженной минеральной плотностью костной ткани.

Исходные результаты оценки качества жизни с помощью опросников ВАШ, SRS-22 и ODI у ра-

нее оперированных пациентов были статистически значимо ниже, чем у пациентов, перенесших первичные вмешательства на позвоночнике, однако степень улучшения качества жизни в отдаленном периоде, за исключением показателей ODI, существенно не различалась.

Общая частота серьезных осложнений в первой и второй группах составила 41,3 и 29,7% соответственно, что сопоставимо с данными, представленными другими исследователями [12, 13, 30]. Несмотря на то что в структуре осложнений статистически значимых различий не наблюдалось, в процентном соотношении среди всех осложнений в группе ревизионных вмешательств почти на 60% чаще наблюдался неврологический дефицит и на 30% — псевдоартроз. Данные различия можно связать с вовлечением у повторно оперированных пациентов в рубцово-спаечный процесс нервных структур, ограничением их мобильности относительно костных структур, что может повышать риск осложнений особенно в момент смыкания дефекта зоны остеотомии [13, 14, 21]. Высокие показатели частоты развития псевдоартроза в группе ревизионных вмешательств могут отражать нарушение трофики костной ткани и окружающих мягких тканей, эффект экранирования нагрузок на костную ткань в зоне предшествующей металлофиксации.

По данным литературы, ревизионные операции у пациентов с деформациями позвоночника ассоциируются с более высоким риском инфекционных осложнений, что обусловлено большим объемом кровопотери, большей продолжительностью оперативного вмешательства, нарушением трофики тканей [20]. Однако в нашем исследовании различий в частоте инфекционных осложнений между группами не наблюдалось. Частота ревизионных вмешательств также была ниже в группе первично прооперированных пациентов (17,5% против 24,8%), хотя различия не достигали статистической значимости. Из 6 ревизионных операций в группе Р три были выполнены в связи с симптоматическим псевдоартрозом, 2 — с РЖК и одна — по причине перелома стержня. В группе первичных пациентов 2 ревизионные операции проведены по поводу РЖК и одна также в связи с симптоматическим переломом стержня выше зоны остеотомии.

Заключение. Педикулярная субтракционная остеотомия позволяет эффективно корригировать сагиттальный баланс позвоночника, что является одной из первостепенных задач успешного хирургического лечения деформаций позвоночника, особенно у пациентов старшей возрастной группы. Данная методика может применяться как при ревизионных вмешательствах, так и у первичных пациентов, обеспечивая адекватную коррекцию позвоночно-тазовых параметров, снижение болевого синдрома и повышение качества жизни больных. В условиях отечественной спинальной хирургии в настоящее время PSO применяется довольно ред-

ко, и методике в основном отводится роль «крайней меры» коррекции сагиттального дисбаланса при ревизионных оперативных вмешательствах. Результаты настоящего исследования показали, что применение PSO при первичных оперативных вмешательствах позволяет более эффективно корригировать глобальный сагиттальный дисбаланс позвоночника за счет пояснично-крестцового отдела. В то же время использование методики при ревизионных вмешательствах сопряжено с более значительными объемами интраоперационной кровопотери, рисками формирования псевдоартроза и развития неврологических осложнений. Учитывая стремительное старение населения в мире в целом и в нашей стране в частности и все большую готовность пациентов с деформациями позвоночника обращаться за помощью к хирургам-вертебрологам, крайне важно правильно оценивать параметры сагиттального баланса. Своевременная коррекция сагиттального баланса позвоночника у данной категории пациентов может существенно снизить частоту хирургических осложнений и повторных вмешательств, а также улучшить качество их жизни. Для подтверждения полученных данных необходимо проведение более масштабных мультицентровых исследований.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Bridwell K.H., Baldus C., Berven S. et al. Changes in radiographic and clinical outcomes with primary treatment adult spinal deformity surgeries from two years to three- to five-years follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35 (20): 1849-54. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181efa06a.
- Li G., Passias P., Kozanek M. et al. Adult scoliosis in patients over sixty-five years of age outcomes of operative versus nonoperative treatment at a minimum two-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009; 34 (20): 2165-70. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181b3ff0c.
- Daubs M.D., Lenke L.G., Cheh G. et al. Adult spinal deformity surgery: Complications and outcomes in patients over age 60. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32 (20): 2238-44. doi: 10.1097/BRS.0b013e31814cf24a.
- Drazin D., Shirzadi A., Rosner J. et al. Complications and outcomes after spinal deformity surgery in the elderly: review of the existing literature and future directions. *Neurosurg. Focus*. 2011; 31 (4): E3. doi: 10.3171/2011.7.FOCUS11145.
- Bridwell K.H., Lewis S.J., Lenke L.G. et al. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2003; 85-A (3): 454-63.
- Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1985; (194): 142-52.
- Gupta M.C., Kebaish K., Blondel B., Klineberg E. Spinal osteotomies for rigid deformities. *Neurosurg. Clin. N. Am.* 2013; 24 (2): 203-11. doi: 10.1016/j.nec.2012.12.001.
- Diebo B., Liu S., Lafage V., Schwab F. Osteotomies in the treatment of spinal deformities: Indications, classification, and surgical planning. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2014; 24 Suppl 1: S11-20. doi: 10.1007/s00590-014-1471-7.
- Van Royen B.J., Gast A.D. Lumbar osteotomy for correction of thoracolumbar kyphotic deformity in ankylosing spondylitis. A structured review of three methods of treatment. *Ann. Rheum. Dis.* 1999; 58 (7): 399-406.
- Hassanzadeh H., Jain A., El Dafrawy M.H. et al. Three-column osteotomies in the treatment of spinal deformity in adult patients 60 years old and older. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013; 38 (9): 726-31. doi: 10.1097/BRS.0b013e31827c2415.
- Hedlund R. Pedicle subtraction osteotomy in flat back syndrome 38 years after Harrington instrumentation for AIS. *Eur. Spine J.* 2012; 21 (3): 563-5.
- Bridwell K.H., Lewis S.J., Edwards C. et al. Complications and outcomes of pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003; 28 (18): 2093-101. doi: 10.1097/01.brs.0000090891.60232.70.
- Buchowski J.M., Bridwell K.H., Lenke L.G. et al. Neurologic complications of lumbar pedicle subtraction osteotomy: a 10-year assessment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32 (20): 2245-52. doi: 10.1097/BRS.0b013e31814b2d52.
- Schwab F.J., Hawkinson N., Lafage V. et al. Risk factors for major peri-operative complications in adult spinal deformity surgery: A multi-center review of 953 consecutive patients. *Eur. Spine J.* 2012; 21 (12): 2603-10. doi: 10.1007/s00586-012-2370-4.
- Cho S.K., Bridwell K.H., Lenke L.G. et al. Major complications in revision adult deformity surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012; 37 (6): 489-500. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182217ab5.
- Pichelmann M.A., Lenke L.G., Bridwell K.H. et al. Revision rates following primary adult spinal deformity surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35 (2): 219-26. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181c91180.
- Diebo B.G., Passias P.G., Marascalchi B.J. et al. Primary versus revision surgery in the setting of adult spinal deformity: a nationwide study on 10,912 patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015; 40 (21): 1674-80. doi: 10.1097/BRS.00000000000001114.
- Cho S.K., Bridwell K.H., Lenke L.G. et al. Comparative analysis of clinical outcome and complications in primary versus revision adult scoliosis surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012; 37 (5): 393-401. doi: 10.1097/BRS.0b013e31821f0126.
- Chang M.S., Chang Y.H., Revella J., Crandall D.G. Revision spinal fusion in patients older than 75: Is it worth the risks? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014; 39 (1): E35-9. doi: 10.1097/BRS.0000000000000067.
- Kurtz S.M., Lau E., Ong K. et al. Infection risk for primary and revision instrumented lumbar spine fusion in the Medicare population. *J. Neurosurg. Spine.* 2012; 17 (4): 342-7. doi: 10.3171/2012.7.SPINE12203.
- Schwender J.D., Casnellie M.T., Perra J.H. et al. Peri-operative complications in revision anterior lumbar spine surgery: incidence and risk factors. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009; 34 (1): 87-90. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181918ad0.
- Fu L., Chang M.S., Crandall D.G., Revella J. Comparative analysis of clinical outcomes and complications in patients with degenerative scoliosis undergoing primary versus revision surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014; 39 (10): 805-11. doi: 10.1097/BRS.0000000000000283.
- Lafage V., Schwab F., Skalli W. et al. Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008; 33 (14): 1572-8. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817886a2.
- Merrill R.K., Kim J.S., Leven D.M. et al. Beyond pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch: the importance of assessing the entire spine to achieve global sagittal alignment. *Global Spine J.* 2017; 7 (6): 536-42. doi: 10.1177/2192568217699405.
- Gupta M.C., Ferrero E., Mundis G. et al.; International Spine Study Group. Pedicle subtraction osteotomy in the revision versus primary adult spinal deformity patient: is there a difference in correction and complications? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015; 40 (22): E1169-75. doi: 10.1097/BRS.0000000000001107.
- Lau D., Chan A.K., Deverin V., Ames C.P. Does prior spine surgery or instrumentation affect surgical outcomes following 3-column osteotomy for correction of thoracolumbar deformities? *Neurosurg. Focus*. 2017; 43 (6): E8. doi: 10.3171/2017.8.FOCUS17460.

27. *Bridwell K.H.* Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006; 31 (19 Suppl): S171-8. doi: 10.1097/01.brs.0000231963.72810.38.
28. *Schwab F.J., Patel A., Shaffrey C.I. et al.* Sagittal realignment failures following pedicle subtraction osteotomy surgery: are we doing enough?: Clinical article. *J. Neurosurg. Spine*. 2012; 16 (6): 539-46. doi: 10.3171/2012.2.SPINE11120.
29. *Cho K.J., Bridwell K.H., Lenke L.G. et al.* Comparison of Smith-Petersen versus pedicle subtraction osteotomy for the correction of fixed sagittal imbalance. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005; 30 (18): 2030-7.
30. *Dickson D.D., Lenke L.G., Bridwell K.H., Koester L.A.* Risk factors for and assessment of symptomatic pseudarthrosis after lumbar pedicle subtraction osteotomy in adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014; 39 (15): 1190-5. doi: 10.1097/BRS.0000000000000380.

Сведения об авторах: *Пантелеев А.А.* — врач травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника; *Горбатьюк Д.С.* — клинический ординатор; *Сажнев М.Л., Казьмин А.И.* — кандидаты мед. наук, врачи того же отделения; *Переверзев В.С.* — врач травматолог-ортопед, аспирант того же отделения; *Колесов С.В.* — доктор мед. наук, зав. отделением патологии позвоночника.

Для контактов: Пантелеев Андрей Андреевич. E-mail: apanteleyev@gmail.com.

Contact: Panteleev Andrey A. — Trauma and orthopaedic surgeon, Dept. of Spine Pathology. E-mail: apanteleyev@gmail.com.