

Применение технологии LLIF у пациентов с дегенеративным сколиозом поясничного отдела позвоночника: анализ ретроспективной когорты и обзор литературы

В.С. Климов¹, И.И. Василенко¹, А.В. Евсюков¹, Р.В. Халепа¹, Е.В. Амелина², С.О. Рябых³, Д.А. Рзаев¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный Центр Нейрохирургии» Министерства здравоохранения РФ, г. Новосибирск, Россия

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», г. Новосибирск, Россия

³Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

The use of LLIF technology in adult patients with degenerative scoliosis: retrospective cohort analysis and literature review

V.S. Klimov¹, I.I. Vasilenko¹, A.V. Evsyukov¹, R.V. Khalepa¹, E.V. Amelina², S.O. Ryabykh³, D.A. Rzaev¹

¹Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation

²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

³Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation

Введение. Распространенность дегенеративного сколиоза взрослых – ADS (Adult degenerative scoliosis) – среди населения старше 50 лет достигает 68 %. Оперативные вмешательства, направленные на коррекцию деформации позвоночника у пациентов старшей возрастной группы, сопровождаются высоким риском осложнений. Применение LLIF (Lumbar Lateral Interbody Fusion) сопряжено с более низким количеством осложнений по сравнению с открытым передним или задним спондилодезом. **Материалы и методы.** 71 пациент (13 мужчин и 58 женщин) с ADS был прооперирован в ФГБУ ФЦН. Средний возраст пациентов составил 60,4/60 [55;64,5] лет (формат: среднее/медиана [1;3 квартиль]). Проводили рентгенографию, спиральную компьютерную томографию (СКТ), магнитно-резонансную томографию (МРТ) поясничного отдела позвоночника. Анкетирование по визуально-аналоговой шкале боли (VAS), опроснику Oswestry Disability Index (ODI) и по шкале The Short Form-36 (SF-36). Оценивали параметры сагиттального баланса: PI (Pelvic incidence), SS (Sacral slope), PT (Pelvic tilt), LL (lumbal lordosis). Целевое значение интегрированных показателей SVA, PT и PI-LL (PI минус LL) определяли с поправкой на возраст. **Результаты.** Статистически значимо через 12 месяцев отмечено уменьшение болевого синдрома в спине по VAS с 6,1/6 [4;8] до 2,2/2 [2;3] баллов ($p < 0,001$), в ноге по VAS с 5,4/5 [4;8] до 2,1/2 [1;3] баллов ($p < 0,001$). По ODI улучшение степени функциональной адаптации с 51,2/52,2 [38,6;64,1] до 31,8/33,3 [26,1;35,9] ($p < 0,001$). По данным опросника SF-36 показатели PH до операции составили 25,7/24,3 [21,8;28,9] баллов и через 12 месяцев после операции они улучшились до 38,7/38,7 [35,4;41,2] ($p < 0,001$). Показатели SF-36 MH до операции равнялись 27,1/26,3 [21,8;31,4] баллов, через 12 месяцев после операции они улучшились до 41,3/40,6 [36,5;43,7] ($p < 0,001$). PT до операции составлял 23,3/22 [17,5;28]°, на контрольном осмотре 17,9/17 [15;20]° ($p < 0,001$). PI-LL равнялся 11,5/10 [4;17,5]°, через 12 месяцев 8,4/8 [5,5;11,5]° ($p = 0,11$). У 5 (7 %) пациентов отмечалась транзиторная слабость мышц сгибателей бедра на стороне оперативного вмешательства. У 8 (11,2 %) пациентов отмечено снижение болевой и температурной чувствительности по передней поверхности бедра на стороне оперативного вмешательства. Выявлено 2 (0,4 %) случая медиальной мальпозиции (474 винта). Псевдоартроз верифицирован на 2 (1,2 %) уровнях межтелового спондилодеза из 166 выполненных. В 7 (4,2 %) случаях определялось повреждение кортикальных замыкательных пластинок. **Заключение.** Применение LLIF обеспечивает адекватную хирургическую коррекцию деформации позвоночника как в сагиттальной, так и во фронтальной плоскостях со статистически значимым улучшением качества жизни и увеличением степени функциональной адаптации пациентов. Меньшее количество ранних и поздних послеоперационных осложнений, сокращение сроков пребывания в стационаре делают LLIF в сочетании с MIS TПФ методом выбора при определении хирургической тактики у больных пожилого и старческого возраста с ADS. **Ключевые слова:** поясничный боковой межтеловый спондилодез, сагиттальный баланс, дегенеративный сколиоз поясничного отдела позвоночника, качество жизни

Introduction Incidence of adult degenerative scoliosis (ADS) among individuals over 50 years old reaches 68%. Surgical interventions aimed at correcting the spinal deformity in patients of the older age group are accompanied by a high risk of complications. The use of LLIF is associated with lower complications as compared with open anterior or posterior fusion. **Materials and methods** Seventy-one patients with ADS (13 men, 58 women) were operated at the Federal Neurosurgical Center. Their average age was 60.4/60 (average/median) [55;64.5] (1: 3 quartile) years. The follow-up was from 12 to 18 months. X-ray study, SCT, MRI of the lumbar spine were used. Questionnaire surveys were conducted using the visual analog pain scale (VAS), Oswestry Disability Index (ODI) and the Short Form-36 (SF-36). Deformity correction was estimated in the frontal plane with Cobb's method. Scoliosis was classified according to SRS-Schwab classification. Parameters of sagittal balance were estimated: PI (Pelvic incidence), SS (Sacral slope), PT (Pelvic tilt), LL (Lumbar lordosis). SVA, PT and PI-LL (PI minus LL) were defined adjusted for the age. **Results** Back pain according to VAS relieved from 6.1/6 [4;8] to 2.2/2 [2;3] points ($p < 0.001$) and was statistically significant at 12 months after the surgery. Leg pain according to VAS decreased from 5.4/5 [4;8] to 2.1/2 [1;3] points ($p < 0.001$) and was statistically significant at 12 months after the surgery. Functional adaptation according to ODI improved from 51.2/52.2 [38.6;64.1] to 31.8/33.3 [26.1;35.9] ($p < 0.001$). According to SF36, PH before the surgery was 25.7/24.3 [21.8;28.9] on average and at 12 months after the surgery - 38.7/38.7 [35.4;41.2] ($p < 0.001$). SF-36 MH before surgery was 27.1/26.3 [21.8;31.4] on average and 12 months later - 41.3/40.6 [36.5;43.7] ($p < 0.001$). PT before the surgery was 23.3/22 [17.5;28], 12 months later it was 17.9/17 [15;20] ($p < 0.001$). PI-LL was 11.5/10 [4;17.5], 12 months later - 8.4/8 [5.5;11.5] ($p = 0.11$). Transient paresis of femur flexors on the ipsilateral side was observed in five (7 %) cases; transient hyposthesia on the anterior thigh surface occurred in eight (11.2 %) cases. There were two cases of medial malposition (0.4 %) of pedicle screws (474 screws), pseudoarthrosis at two levels (1.2 %) (Grade 4 Bridwell) out of 166 levels performed, and seven (4.2 %) cases of damage to cortical endplates. **Conclusion** Restoration of local sagittal balance in ADS patients by short-segment fixation using LLIF technology leads to a statistically significant improvement in the quality of life and increases functional adaptation. Few early and late postoperative complications, less intraoperative blood loss and shorter hospital stay make LLIF in combination with MIS transpedicular fixation a method of choice in determining the surgical tactics for ADS in elderly and old age patients.

Keywords: lateral lumbar interbody fusion, sagittal balance, adult degenerative scoliosis, quality of life

АКТУАЛЬНОСТЬ

Распространенность дегенеративного сколиоза взрослых – ADS (Adult degenerative scoliosis) – среди населения старше 50 лет достигает 68 % и увеличивается с возрастом [1, 2]. Основным морфологическим субстратом ADS признана дегенерация межпозвоночных дисков поясничного отдела позвоночника [3], которая индуцирует деформацию позвоночного столба с нарушением баланса. Эти два компонента являются ведущими особенностями вертебрального синдрома при ADS. Так, наиболее частый вариант ADS с положительным сагиттальным дисбалансом является предиктором болевого синдрома и снижения качества жизни как при естественном течении патологии, так и после проведенного спондилодеза без выполнения реконструкции профиля позвоночника [4, 5, 6, 7], что определяет основную цель хирургического лечения ADS [8].

Оперативные вмешательства, направленные на коррекцию деформации позвоночника у пациентов старшей возрастной группы, сопровождаются высоким риском осложнений [9]. Это обусловлено как высокой травматичностью хирургической интервенции, так и наличием сопутствующей соматической патологии. В связи с этим применение малоинвазивных технологий для коррекции сагиттального баланса является предпочтительным у данной группы пациентов.

Поясничный боковой межтеловой спондилодез (Lumbar Lateral Interbody Fusion, LLIF) был разработан в качестве методики, позволяющей выполнять коррекцию деформации во фронтальной и сагиттальной плоскостях, а также проводить непрямую декомпрессию корешков

спинного мозга [10, 11, 12] Применение LLIF сопряжено с меньшим количеством осложнений по сравнению с открытым спондилодезом из любого доступа [13, 14].

Несмотря на это обстоятельство, оперативная коррекция ADS с использованием технологии LLIF не является распространенной, что находит отражение в виде ограниченного количества информационных источников.

В определенной степени, это имеет объективное объяснение:

- во-первых, идеологическими, образовательными или технологическими проблемами оценки сагиттального баланса;

- во-вторых, превалированием запущенных форм с полисегментарным стенозом и нестабильностью;

- в-третьих, стоимостью применения технологии при достаточно распространенной нозологической группе.

Указанные обстоятельства особенно актуальны в Российской Федерации. Однако в доступной литературе нет единых взглядов в отношении оценки клинических и рентгенологических исходов лечения пациентов с ADS. Это обстоятельство, наряду с накопленным опытом применения методики LLIF при дегенеративном сколиозе взрослых, побудило авторов к проведению этого исследования.

Цель исследования – анализ результатов применения технологии LLIF при лечении пациентов с нарушением сагиттального баланса, обусловленным дегенеративным сколиозом поясничного отдела позвоночника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа построена по принципу ретроспективного моноцентрового сплошного исследования.

Материалом исследования послужил анализ результатов лечения 104 пациентов с дегенеративным сколиозом поясничного отдела позвоночника. 71 пациент был отслежен для контрольных исследований (13 мужчин и 58 женщин, 18 % и 82 % соответственно), выполнено 71 оперативное вмешательство. Период набора материала: 2014-2016 гг. Базой проведения исследования являлось спинальное отделение Федерального центра нейрохирургии (г. Новосибирск).

Критерии включения в исследование:

- дегенеративный сколиоз поясничного отдела позвоночника с углом деформации во фронтальной плоскости $\geq 10^\circ$ по Cobb;

- клинические проявления в виде вертебрального болевого синдрома, радикулопатии и/или их сочетания;

- отсутствие положительного эффекта от проведенной комплексной консервативной терапии в течение двух месяцев.

В качестве критериев исключения определены пациенты с идиопатической сколиотической деформацией, а также пациенты с ранее перенесенной операцией на позвоночнике.

Протокол пред- и послеоперационного обследования включал сбор анамнеза, общеклиническое, ортопедическое и неврологическое обследование с оценкой ведущего синдрома, нейрофизиологическое монито-

рирование и анкетирование. Оценку результатов проводили спустя 12 месяцев после оперативного вмешательства.

Из методов визуализации использовали рентгенографию позвоночника с захватом головок бедренных костей стоя в двух проекциях, спиральную компьютерную томографию (СКТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ) поясничного отдела позвоночника. Для оценки выраженности болевого синдрома в спине и нижних конечностях использовалась визуально-аналоговая шкала боли (VAS). Оценка степени функциональной адаптации проводилась с использованием опросника Освестри (Oswestry Disability Index (ODI), 1976) [15]. Качество жизни оценивалось по шкале The Short Form-36 (SF-36), в которой акцентировали внимание на физический компонент здоровья (Physical health – PH) и психическое здоровье (Mental Health – MH) [16].

Во время оперативного вмешательства пациентам проводился нейрофизиологический мониторинг спонтанной электромиографической активности с m. rectus femoris vastus lateralis (L2-L4), m. tibialis anterior и m. gastrocnemius (L5-S1) со стороны хирургического доступа и прямая электрическая стимуляция спинномозговых корешков и ветвей поясничного сплетения, иннервирующих мышцы ног в области оперативного вмешательства. Это позволило как визуализировать анатомически важные невральные структуры в области оперативного вмешательства, так и предотвратить их повреждение.

Измерения параметров сагиттального баланса проводили при помощи программного обеспечения Sagittal Balance Academy (www.sagittal-balance.com).

Критерии оценки. По данным рентгенографии оценивали степень деформации во фронтальной плоскости по Cobb [17].

Тип деформации позвоночника классифицировали по SRS-Schwab с использованием модификаторов классификации для оценки параметров сагиттального и фронтального баланса [18]: тип дуги во фронтальной плоскости (T, TL, L, N); сагиттальные модификаторы PI (Pelvic incidence), SS (Sacral slope), PT (Pelvic tilt), LL (lumbar lordosis). Целевое значение интегрированных показателей SVA (Sagittal vertical axis) и PI-LL (PI минус LL) определяли с поправкой на возраст [18]. Для определения целевых показателей LL мы использовали формулу: $LL=PI \times 0,5 + 28^\circ$ [19].

Для диагностики нестабильности использовали критерии, предложенные в 1978 году А.А. White и М.М. Panjabi [20].

Проводили учет длительности оперативного вмешательства, величины кровопотери, продолжительности госпитализации.

В отдаленном периоде после операции оценивали степень формирования костного блока на основании

шкалы К.Н. Bridwell (1997) [21] и степень мальпозиции транспедикулярных винтов по классификации G. Rao (2003) [22].

По данным СКТ определялась гипертрофия фасеточных суставов, формирование краевых костных разрастаний, оссификация задней и передней продольных связок [23].

Протокол оперативного лечения. Всем пациентам проводилась коррекция дегенеративной сколиотической деформации и восстановление нарушенных позвоночно-тазовых взаимоотношений по методике LLIF с последующей транскутанной транспедикулярной фиксацией (ТПФ) позвоночно-двигательных сегментов по технологии малоинвазивной хирургии (MIS – minimally invasive surgery).

Статистический анализ данных. Числовые данные в статье представлены в виде среднего/медианы [нижнего; верхнего квартилей]. Для сравнения зависимых выборок применялся двухсторонний критерий Уилкоксона. Проводилась коррекция на множественные сравнения методом Холма. Уровень статистической значимости в исследовании принимали равным 0,05. Расчеты проводились с использованием программного обеспечения R версии 3.4.3 [24].

Уровень доказательности – III.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Возраст пациентов составил от 37 до 82 лет (60,4/60 [55;64,5] лет). У всех больных доминирующим клиническим проявлением был вертеброгенный болевой синдром. У 65 (91 %) пациентов отмечалось сочетание вертеброгенного болевого синдрома с радикулопатией. Так, в 89,6 % случаев (58 пациентов) отмечалась радикулопатия L4, в 10,4 % случаев (7 пациентов) – признаки компрессии L3 корешка. Радикулярный болевой синдром в нижней конечности был обусловлен компрессией нервного корешка в foraminalном отверстии на вогнутой стороне деформации, что подтверждалось данными нейровизуализации.

При оценке типа деформации по классификации SRS-Schwab в 67 (94 %) случаях фронтальный модификатор соответствовал типу N (менее 30°), у 4 (6 %) пациентов фронтальный модификатор соответствовал типу L. Данные параметров сагиттального баланса до операции составили: PI-LL – 11,5/10 [4;17,5] (от -13° до 45°), SVA – 49/38 [22,2;63,5] (от -2 мм до 187 мм), PT – 23,3/22 [17,5;28] (от 3° до 48°).

Данные параметров сагиттального баланса представлены на рисунке 1.

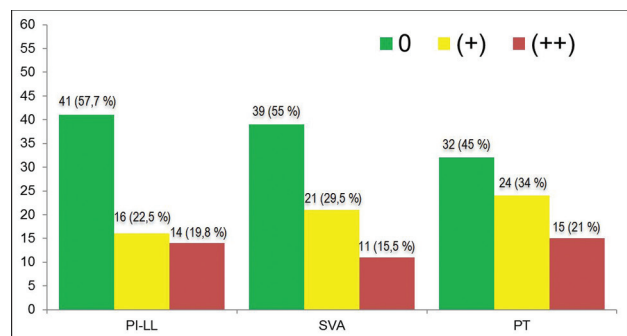


Рис. 1. Параметры сагиттального баланса до операции (n = 71)

Пациенты со значением PI-LL менее 10° классифицируются модификатором PI-LL «0», со значением между 10 и 20° – модификатором PI-LL «+», со значением больше 20° – модификатором PI-LL «++».

Пациенты с SVA менее 40 мм классифицируются модификатором SVA «0», от 40 до 95 мм – модификатором SVA «+», более 95 мм – модификатором SVA «++». Пациенты с PT менее 20° классифицируются модификатором PT «0», между 20 и 30° – модификатором PT «+», более 30° – модификатором PT «++».

Сагиттальный модификатор PI-LL «0» был выявлен у 41 (57,7 %) пациента, модификатор PI-LL «+» определялся у 16 (22,5 %) больных, модификатор PI-LL «++» был выявлен у 14 (19,8 %) пациентов.

Сагиттальный модификатор SVA «0» определен у 39 (55 %) пациентов, SVA «+» – у 21 (29,5 %) пациентов, SVA «++» – у 11 (15,5 %) пациентов.

Сагиттальный модификатор PT «0» определялся у 32 (45 %) пациентов, PT «+» – у 24 (34 %) пациентов, PT «++» – у 15 (21 %) пациентов.

По данным рентгенографии с функциональными пробами до операции не было выявлено нестабильности позвоночно-двигательных сегментов, что базировалось на значении 2,7/3 [2;3] балла (менее 5 баллов по А.А. White – М.М. Panjabi).

Установка межтеловых имплантатов по методике LLIF была проведена на 2 уровнях у 47 (66 %) пациентов и на 3 уровнях у 24 (34 %) пациентов.

Объем кровопотери составил 247,9/200 [140;350] мл. Время оперативного вмешательства равнялось 223,5/210 [180;272,5] минут. Койко-день составил 9,5/9 [8;11] суток.

Динамика показателей сагиттального баланса. При имплантации двух межтеловых кейджей по методике LLIF PI до операции равнялся 55,3/56 [51,5;64]°,

LL составлял 43,9/46 [37,5;53]°. В послеоперационном периоде LL равнялся 47,6/50 [42,5;54,5]° (p = 0,18). При проведении *трехуровневого межтелового спондиллодеза* среднее значение PI до операции равнялось 56,6/55 [52,8;60,5]°, среднее значение LL соответствовало 44,3/49 [38,5;51,5]°. В послеоперационном периоде LL достиг уровня 47,2/48,5 [41;53,5]° (p = 0,31).

Среднее значение угла сколиотической деформации по Cobb до операции составляло 19,5/18 [14;23]°, к контрольному осмотру он уменьшился до 7,5/7 [5;11]° (p < 0,001).

При контрольном осмотре через 12 месяцев не определялось ни одного случая потери коррекции во фронтальной и сагиттальной плоскостях. PT до операции составил 23,3/22 [17,5;28]°, на контрольном осмотре 17,9/17 [15;20]° (p < 0,001). PI-LL равнялся 11,5/10 [4; 17,5]°, через 12 месяцев 8,4/8 [5,5;11,5]° (p = 0,11). Анализ данных анкетирования показал статистически значимое уменьшение болевого синдрома в спине по визуально-аналоговой шкале (VAS) через 12 месяцев после операции с 6,1/6 [4;8] до 2,2/2 [2;3] балла (p < 0,001). Также в этот период отмечено уменьшение болевого синдрома в ноге по VAS с 5,4/5 [4;8] до 2,1/2 [1;3] балла (p < 0,001) и улучшение степени функциональной адаптации с 51,2/52,2 [38,6;64,1] до 31,8/33,3 [26,1;35,9] (p < 0,001) по шкале Освестри. По данным опросника качества жизни SF-36 показатели PH до операции в среднем составили 25,7/24,3 [21,8;28,9] баллов, и через 12 месяцев после операции они улучшились до 38,7/38,7 [35,4;41,2] (p < 0,001). Показатели качества жизни по SF-36: MH до операции равнялись 27,1/26,3 [21,8;31,4] балла, через 12 месяцев после операции они также улучшились до 41,3/40,6 [36,5;43,7] (p < 0,001).

Интегральные результаты лечения приведены в таблице 1.

У 44 (62 %) пациентов из 71 по данным модификаторов PT, PI-LL определялось нарушение локального сагиттального баланса, SVA при этом не превышал 50 мм и составлял 21,7/25 [0;35,2]. У 38 % пациентов (27 случаев) мы выявили нарушение как локального, так и глобального сагиттального баланса с отклонением SVA до 187 мм (значение SVA равнялось 93,7/88 [61,2;111,8] мм). В результате проведенного оперативного лечения, направленного на коррекцию позвоночно-тазовых взаимоотноше-

ний, отмечено улучшение такого показателя параметров локального сагиттального баланса как PT (p < 0,001). У пациентов с нарушенным глобальным сагиттальным балансом отмечено статистически значимое уменьшение SVA до 24,2/25 [14;37] мм (p < 0,001).

Осложнения. Все осложнения мы разделили на неврологические, связанные с инструментализацией, и общие. В раннем послеоперационном периоде у 5 (7 %) пациентов отмечалась транзиторная слабость мышц сгибателей бедра на ипсилатеральной стороне оперативного вмешательства, которая была обусловлена прямой травматизацией большой поясничной мышцы. У 8 (11,2 %) больных отмечено снижение болевой и температурной чувствительности по передней поверхности бедра на ипсилатеральной стороне оперативного вмешательства, что обусловлено раздражением *nervus genitofemoralis* и *nervus cutaneus femoris lateralis*. В 7 (9,8 %) случаях эта симптоматика регрессировала в течение 6 месяцев с момента операции. В 1 (1,4 %) случае гипестезия имела стойкий характер.

Из 474 имплантированных транспедикулярных винтов в раннем послеоперационном периоде, по данным СКТ выявлено 2 (0,4 %) случая медиальной мальпозиции (I степени по Rao). В связи с отсутствием клинической симптоматики это не потребовало дополнительных хирургических вмешательств. В 7 случаях по данным СКТ определялось повреждение кортикальных замыкательных пластинок, что составило 4,2 %. По результатам контрольного исследования через 12 месяцев после операции псевдоартроз верифицирован на 2 (1,2 %) (Grade 4 по Bridwell) уровнях межтелового спондиллодеза по методике LLIF из 166 выполненных, что потребовало ревизионного вмешательства.

В структуре общих осложнений выявлено 2 гематомы (2,8 % случаев) области хирургического вмешательства, которые не потребовали ревизионного вмешательства. У двоих пациентов развился парез мышц передней брюшной стенки со стороны доступа, что составило 2,8 %, вследствие траекционного повреждения *nervus iliohypogastricus* во время доступа. Этим пациентам в послеоперационном периоде потребовалось ношение бандажа и динамическое наблюдение. Таким образом, общее количество осложнений составило 29,6 %, из них стойких либо потребовавших повторных операций 5,4 %.

Таблица 1

Динамика показателей до операции и через 12 месяцев. Приведены уровни статистической значимости, полученные после использования теста (p) и скорректированные с учетом поправки Холма (p_{корр})

Показатель	Значение до операции	Значение после операции	p	p _{корр}
VAS спина	6,1/6 [4;8]	2,2/2 [2;3]	< 0,001	< 0,001
VAS нога	5,4/5 [4;8]	2,1/2 [1;3]	< 0,001	< 0,001
PT	23,3/22 [17,5;28]°	17,9/17 [15;20]°	< 0,001	< 0,001
PI-LL	11,5/10 [4;17,5]°	8,4/8 [5,5;11,5]°	0,1057	0,1057
угол Cobb	19,5/18 [14;23]°	7,5/7 [5;11]°	< 0,001	< 0,001
ODI	51,2/52,2 [38,6;64,1]	31,8/33,3 [26,1;35,9]	< 0,001	< 0,001
SF-36, PH	25,7/24,3 [21,8;28,9]	38,7/38,7 [35,4;41,2]	< 0,001	< 0,001
SF-36, MH	27,1/26,3 [21,8;31,4]	41,3/40,6 [36,5;43,7]	< 0,001	< 0,001

ОБСУЖДЕНИЕ

Основной целью хирургического лечения пациентов с ADS является восстановление нарушенного баланса позвоночника в сагиттальной и фронтальной

плоскостях, что обеспечивает улучшение показателей качества жизни, увеличение степени функциональной адаптации и уменьшение болевого синдрома [25, 26].

Использование стандартных открытых методов хирургической коррекции дегенеративных деформаций взрослых сопряжено с проведением остеотомий, протяженной фиксацией позвоночно-двигательных сегментов, большим объемом кровопотери, длительным пребыванием в стационаре, инфекционными осложнениями, несостоятельностью фиксации, PJK (proximal junctional kyphosis), DJK (distal junctional kyphosis), что, нередко, приводит к плохому исходу [27, 28]. В последнее время для лечения этой группы пациентов в ряде случаев используется малоинвазивная хирургия в сочетании с короткосегментной фиксацией позвоночника. Клинические и рентгенологические исходы малоинвазивной и открытой хирургии имеют схожие результаты, однако анализ работ показывает несистемный характер оценки результатов.

Клинические исходы в зависимости от параметров баланса. По мнению ряда авторов, целевыми показателями позвоночно-тазовых взаимоотношений, к которым необходимо стремиться при лечении пациентов с ADS, являются: SVA, PT, PI-LL и угол Cobb во фронтальной плоскости [29, 30, 31]. Коллективом авторов под руководством Frank Schwab было определено, что при коррекции деформации в сагиттальной плоскости необходимо ориентироваться на $SVA < 50$ мм, $PT < 20^\circ$ с учетом поправки на возраст. Для улучшения качества жизни в послеоперационном периоде у этой категории пациентов рекомендуется $PI-LL \leq 10^\circ$, что статистически значимо улучшает показатели качества жизни этих больных [32].

Однако работами европейских ученых, таких как J.C. Le Huec, C. Lamartina, P. Roussouly, было установлено, что ключевым моментом, обеспечивающим улучшение качества жизни у больных с ADS, является восстановление именно сегментарного поясничного лордоза. Для оценки глобального сагиттального баланса, по их мнению, SSA (Spino sacral angle) предпочтительнее, чем SVA [33]. Это связано с тем, что не учитываются механизмы компенсации, отклонение таза, наклон таза, сгибание в тазобедренных и коленных суставах. С целью обеспечения нормального показателя SSA, который равняется $134 \pm 8^\circ$, ими рекомендуется восстановление локального сагиттального баланса поясничного отдела позвоночника и, в первую очередь, нижнепоясничных позвоночно-двигательных сегментов L4-S1, которые в сумме составляют почти 70 %. Расчет показателя LL должен опираться на PI и рассчитываться по формуле: $LL = PI \times 0,5 + 28^\circ$.

Lafage с соавт. в своём исследовании провели анализ результатов лечения 125 пациентов с дегенеративным сколиозом, оперированных малоинвазивными методиками. Все пациенты были разделены на 4 группы: 1 группа – низкий PT ($< 25^\circ$), низкий SVA (< 50 мм), 2 – высокий PT ($> 25^\circ$), низкий SVA (< 50 мм), у 3 – низкий PT ($< 25^\circ$), высокий SVA (> 50 мм), 4 – высокий PT ($> 25^\circ$), высокий SVA (> 50 мм). Они установили, что в группе пациентов с высоким SVA (> 50 мм) и низким PT ($< 25^\circ$) отмечались наихудшие показатели ODI [34], что коррелирует с данными F. Schwab.

По мнению Takemoto с соавт., в послеоперационном периоде происходит потеря подвижности в связи с развитием спондилодеза на оперированных уровнях, что может приводить к глобальному сагиттальному дисбалансу из-за ограниченной компенсаторной спо-

собности поддерживать сбалансированную позу стоя. Авторы проанализировали результаты лечения 204 пациентов, оперированных по поводу дегенеративного сколиоза, и выяснили, что у пациентов с сагиттальным дисбалансом и низким PT ($< 20^\circ$) в послеоперационном периоде было значительное снижение качества жизни. Таким образом, отсутствие тазовых компенсаторных механизмов, недооценка параметров как локального, так и глобального сагиттального баланса может вызвать снижение качества жизни и уровня функциональной адаптации после операции по поводу ADS [35].

Zhang с соавт. ретроспективно проанализировали результаты лечения 44 пациентов с дегенеративным сколиозом взрослых. Все операции проводились стандартным задним открытым методом с инструментализацией и коррекцией сколиотической деформации. Восстановление сагиттальной модификатора PI-LL привело к улучшению показателей качества жизни по показателю ODI [36].

В 2017 году Sun и соавт. опубликовали ретроспективный анализ результатов лечения 74 пациентов с дегенеративным сколиозом взрослых, оперированных стандартным задним открытым доступом. Все пациенты были разделены на три группы. Группа А – с $PI-LL < 10^\circ$, группа В – $10^\circ \leq PI-LL \leq 20^\circ$, группа С – $PI-LL > 20^\circ$. В группе А после операции на контрольном осмотре ODI равнялся $26,6 \pm 4,1$, в группе В ODI составил $18,4 \pm 5,8$, в группе С в послеоперационном периоде ODI равнялся $33,0 \pm 5,0$ ($P < 0,001$) [37]. Это свидетельствует о том, что при восстановлении сагиттального модификатора PI-LL в пределах, равных $10^\circ-20^\circ$, показатели качества жизни значительно улучшились.

Kotwal с соавт. ретроспективно провели анализ результатов лечения 118 пациентов с деформациями позвоночника, оперированных по методике LLIF. Согласно данным этого исследования, болевой синдром по VAS в послеоперационном периоде уменьшился с $8,7 \pm 1,3$ до $4,1 \pm 2,8$, качество жизни по ODI улучшилось с $30 \pm 10,1$ до $17,1 \pm 12,8$, оценка функциональной адаптации по SF-12: PH также улучшилась с $27,0 \pm 1,3$ до $38,1 \pm 15,0$, MH с $43,0 \pm 11,4$ до $42,4 \pm 11,9$ ($P < 0,01$) [38].

Lee с соавт. ретроспективно проанализировали результаты лечения 168 пациентов, которым была выполнена короткосегментная фиксация поясничного отдела позвоночника. 56 пациентов с нарушенным сагиттальным балансом были прооперированы по методике LLIF, 56 пациентов с нормальным сагиттальным балансом (SB) и 56 пациентов с дисбалансом (SI) в сагиттальной плоскости были прооперированы стандартным задним доступом. В послеоперационном периоде показатели качества жизни ODI и оценка болевого синдрома по VAS статистически значимо улучшились в группе LLIF по сравнению с группой SI ($p = 0,003, 0,016$) [39].

Anand с соавт. [40] и Diaz с соавт. [41] сообщили в своих исследованиях о сопоставимых результатах лечения пациентов, которым была проведена малоинвазивная хирургия по технологии LLIF – коррекция сегментарного лордоза по методике LLIF статистически значимо улучшает показатели качества жизни и уменьшает болевой синдром у пациентов с ADS.

Н.А. Коновалов с соавт. в своем исследовании сообщили о статистически значимом уменьшении болевого

синдрома у пациентов, оперированных по методике LLIF, по VAS в поясничном отделе позвоночника с $8,06 \pm 1,87$ до $1,4 \pm 1,51$ и в ногах с $6,14 \pm 2,32$ до $0,66 \pm 0,41$ [42].

В нашем исследовании также статистически значимо отмечена положительная динамика в виде уменьшения болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника ($p < 0,001$), ногах ($p < 0,001$) и улучшения показателей качества жизни и степени функциональной адаптации.

Клинические исходы в зависимости от коррекции деформации. Поскольку хирургия ADS предполагает коррекцию в сагиттальной и фронтальной плоскостях, то имеет смысл оценивать степень полученной коррекции при различных хирургических подходах.

Simon с соавт. ретроспективно проанализировали результаты лечения 47 пациентов с дегенеративным сколиозом грудного и поясничного отделов позвоночника. Всех пациентов оперировали стандартными задними открытыми методиками. До операции средняя величина поясничной дуги составляла $27,3^\circ$, грудной дуги – $40,2^\circ$, в послеоперационном периоде средняя величина поясничной дуги равнялась $14,3^\circ$, а грудной $24,3^\circ$ [43].

В своем исследовании Justin S. Smith с соавт. сообщили, что до операции величина сколиотической деформации составила от 43° до 54° ($p = 0,002$), SVA равнялась от 12 см до 1,7 см ($p < 0,001$), PI-LL составил от 26° до 20° ($p = 0,013$). При контрольном исследовании через 1 год SVA равнялась от $-1,1$ см до $+4,8$ см ($p \leq 0,009$), PI-LL от 6° до 5° ($p < 0,001$) [44].

Zhang с соавт. в своем исследовании сообщили о статистически значимом уменьшении угла Cobb с $20,6 \pm 3,4^\circ$ до $4,4 \pm 1,4^\circ$ ($P < 0,004$) и PI-LL с $36,6 \pm 4,6^\circ$ до $18,4 \pm 2,9^\circ$ ($P < 0,001$) в послеоперационном периоде [36]. Sun с соавт. в своем исследовании сообщили, что показатель PI-LL статистически значимо уменьшился во всех группах с $36,0 \pm 4,4^\circ$ до $16,6 \pm 8,7^\circ$ ($P < 0,05$). Угол Cobb также уменьшился после операции с $20,3 \pm 2,8^\circ$ до $4,2 \pm 1,8^\circ$ [37].

Так, Varone с соавт. ретроспективно проанализировали результаты лечения 65 пациентов, оперированных по методике LLIF с установкой лордозированных межтеловых имплантатов 10° и 20° . Изучая динамику показателей сегментарного угла Cobb, LL, SVA < PT, PI-LL, авторы продемонстрировали, что применение лордозированных межтеловых имплантатов приводит к увеличению сегментарного и локального лордоза поясничного отдела позвоночника и, как следствие, влияет на восстановление глобального сагиттального баланса тела [45].

В своем исследовании Tormenti с соавт. также доказали, что использование методики LLIF приводит к коррекции деформации позвоночника как во фронтальной, так и в сагиттальной плоскостях с уменьшением угла по Cobb с $38,5^\circ$ (от 18° до 80°) до 10° ($p < 0,0001$) и статистически значимым увеличением LL на $11,5\%$ ($P = 0,01$) [46].

Kotwal с соавт. сообщили, что в послеоперационном периоде сколиотическая деформация по Cobb уменьшилась с $24,8 \pm 9,8^\circ$ до $13,6 \pm 10,3^\circ$ ($P < 0,01$) [38].

В уже представленной работе Lee с соавт., проведя анализ параметров SVA и PI-LL в трех группах пациентов (SB, SI, LLIF) через год после операции, показа-

ли статистически значимое уменьшение SVA только в группе пациентов, оперированных по методике LLIF, до $31,7 \pm 17,2$ ($P = 0,000$). Также в группе LLIF показатель PI-LL уменьшился с $29,6 \pm 19,3^\circ$ до $15,9 \pm 14,8^\circ$ ($P = 0,012$) [39].

По нашим данным, PT до операции составил $23,3/22$ [$17,5;28$] $^\circ$, на контрольном осмотре статистически значимо PT уменьшился до $17,9/17$ [$15;20$] $^\circ$ ($p < 0,001$). Мы также получили уменьшение такого параметра как PI-LL и увеличение локального поясничного лордоза. Отсутствие статистической значимости полученных различий по LL и PI-LL связано, на наш взгляд, с большой неоднородностью группы пациентов по PI. Поскольку LL и зависящая от него величина PI-LL определяется PI. Угол сколиотической деформации по Cobb в послеоперационном периоде статистически значимо уменьшился ($p < 0,001$). Во время контрольного исследования через 12 месяцев потери коррекции выявлено не было.

Таким образом, анализ доступных литературных данных и результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что коррекция деформации стандартным открытым задним доступом и коррекция по методике LLIF в сочетании с MIS ТПФ обеспечивает достижение схожих результатов по параметрам LL, PT, PI-LL и углу по Cobb.

Клинические исходы в зависимости хирургической тактики. Выбор хирургической тактики у больных с ADS, особенно в старшей возрастной группе, должен представлять собой разумный компромисс между объемом хирургического вмешательства и связанных с этим операционных рисков. Это обусловлено высокими показателями коморбидности, наличием остеопороза, избыточной массой тела. Следовательно, применение малоинвазивных хирургических методик у этой категории больных снижает объем кровопотери, количество осложнений и срок пребывания в стационаре.

В большом количестве крупных клинических исследований было показано, что при стандартных хирургических методиках коррекции дегенеративных сколиотических деформаций позвоночника рекомендуется использование различных вариантов проведения остеотомий, которые сопровождаются большой хирургической агрессией, большим объемом кровопотери, значительным количеством осложнений как во время операции, так и в послеоперационном периоде, длительным пребыванием в стационаре, длительным восстановительным и реабилитационным периодом [44, 47]. Так, Simon с соавт. сообщили, что среднее время операции составило $284,5 \pm 30,2$ мин., кровопотеря $1040,5 \pm 1207,6$ мл, пребывание в стационаре составило $14,5 \pm 1,9$ дня [43]. Sun с соавт. в своем исследовании сообщили, что среднее время операции составило $237,8 \pm 39,7$ мин., кровопотеря равнялась $1017,2 \pm 813,3$ мл, пребывание в стационаре составило $14,5 \pm 1,3$ дня [37]. Kim с соавт., проанализировав группу пациентов, оперированных стандартным открытым задним доступом, показали, что среднее время операции составило 268 ± 82 минуты, средняя кровопотеря равнялась 4392 ± 3576 мл [47].

Применение технологии LLIF в хирургическом лечении ADS сопровождается значительно меньшим объемом интраоперационной кровопотери. Anand с соавт.

сообщили, что средний объем кровопотери при боковом доступе составил 241 мл [40]. В диссертационном исследовании М.А. Мартынова определила, что средний объем кровопотери пациентов, оперированных по методике LLIF, составил $163,9 \pm 50$ мл [48]. Kotwal с соавт. в своем исследовании показали, что у 16 пациентов, которым проводился только межтеловой спондилодез по методике LLIF, среднее время операции составило 184 минуты (88-256 мин.), а кровопотеря равнялась 200 мл. В 112 случаях, когда межтеловой спондилодез сочетался с задней фиксацией, среднее время операции составило 324 минуты (75-690 мин.), средний объем кровопотери равнялся 537 мл, среднее пребывание в стационаре составило 7,7 дня (2-22 дня) [38].

В нашем исследовании средний объем кровопотери составил 247,9/200 [140;350] мл. Время оперативного вмешательства равнялось 223,5/210 [180;272,5] мин. Койко-день равнялся 9,5/9 [8;11] суток.

Клинические исходы в зависимости от выявленных осложнений. В 2011 году Charosky с соавт. ретроспективно проанализировали истории болезни 306 пациентов с ADS. Все операции проводились стандартным открытым задним доступом. Общая частота осложнений составила 13,7 %, ранняя инфекция была выявлена у 4 % (12) пациентов, поздняя инфекция определилась в 1,2 % случаев, неврологические осложнения составили 7 %. Факторами риска для развития осложнений были: количество инструментированных позвоночно-двигательных сегментов ($p \leq 0,01$), проведение остеотомии PSO ($p = 0,01$) и PT более 26° до операции ($p \leq 0,05$) [49].

Группа авторов (Smith с соавт.) провела анализ результатов лечения 578 пациентов, из которых 402 была проведена остеотомия. PSO (Pedicel subtraction osteotomy) была выполнена в 215 случаях, SPO (Smith-Petersen osteotomy) была проведена в 135 случаях, VCR (vertebral column resection) в 18 случаях. Общее количество осложнений составило 29,4 % (130 пациентов). Наиболее частым осложнением было повреждение PSO (ТМО – твердой мозговой оболочки) – 5,9 %, инфекционные осложнения составили 3,8 %, неврологический дефицит определился в 3,8 % [44]. Подобные данные при анализе трехколонных остеотомий, выполненных из дорсального доступа, представлены Kim с соавт. Так, повреждение ТМО было обнаружено у 7 (8,6 %) пациентов, глубокая инфекция проявилась у 4 (4,9 %) пациентов, перманентный неврологический дефицит выявлен у 1 (1,2 %) пациента [47].

Группа авторов под руководством Daubs выявила общую частоту осложнений, которая составила 37 %. Из них 20 % больших осложнений, таких как неврологический дефицит – 4 случая, глубокая раневая инфекция – 2 случая, легочная эмболия – 1 случай, пневмония – 1 случай, инфаркт миокарда – 1 случай. У 11 пациентов были выявлены интраоперационные осложнения: повреждение ТМО – 4 случая, разрыв подвздошной вены – 5 случаев, в 1 случае симптомная медиальная мальпозиция, 1 случай повреждения нервного корешка [50].

При использовании методики LLIF в хирургии деформаций взрослых концепция малоинвазивной хирургии следующая: меньше разрез кожи и травма мягких тканей, меньше костный дефект, отсутствие

контакта с ТМО, снижение ретракторных поврежденных мягких тканей значительно снижает количество раневых инфекционных осложнений, объем кровопотери и срок нахождения в стационаре. Межтеловой имплантат имеет большую площадь соприкосновения в сравнении с другими имплантатами и опирается на краевую плотную часть замыкательной пластинки, тем самым создавая большую поддержку передней опорной колонны с сохранением среднего и заднего опорного комплекса позвоночника. Боковой межтеловой спондилодез не требует резекции костных структур, при этом осуществляется непрягая декомпрессия без вскрытия позвоночного канала, восстанавливается высота межтелового промежутка и размер межпозвоночных отверстий. При использовании технологии LLIF сохраняются передняя и задняя продольные связки, что предотвращает миграцию межтелового имплантата и повышает динамическую устойчивость в связи с лигаментотаксисом. Однако применение этой методики имеет свои специфические осложнения: слабость мышц сгибателей бедра и снижение чувствительности, парестезии по передне-боковой поверхности бедра в послеоперационном периоде на ипсилатеральной стороне доступа.

Tohmeh с соавт. провели анализ результатов лечения 102 пациентов, оперированных по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника по методике LLIF. В послеоперационном периоде у 28 пациентов (27,5 %) наблюдалась слабость мышц сгибателей бедра. У 18 (17,6 %) пациентов появилось снижение чувствительности по передней поверхности бедра, что обусловлено раздражением *nervus genitofemoralis* и *nervus cutaneus femoris lateralis*. Однако чувствительные и двигательные осложнения полностью регрессировали в течение 6 месяцев после операции [51].

Pumberger с соавт. ретроспективно провели анализ результатов лечения 235 пациентов, оперированных по методике LLIF. Авторы сообщили, что сенсорный дефицит через 6 недель после операции составил 28,7 % ($n = 70$), через 12 недель 13,1 % ($n = 32$), через 6 месяцев 5,7 % ($n = 14$) и 1,6 % ($n = 4$) через 12 месяцев после операции. Болевой синдром по передней поверхности бедра через 6 недель после операции отмечался у 41 % ($n = 101$) пациентов, через 12 недель этот показатель был выявлен у 16 % ($n = 39$) пациентов, через 6 месяцев у 3,7 % ($n = 9$) и у 0,8 % ($n = 2$) через 12 месяцев. Слабость мышц сгибателей бедра через 6 недель после операции составила 13,1 % ($n = 32$), через 12 недель 3,7 % ($n = 9$), через 6 месяцев 2,9 % ($n = 7$) и через 12 месяцев после операции остаточные явления слабости мышц сгибателей бедра составили 1,6 % ($n = 4$) случаев [14]. Подобные данные получили Kotwal с соавт. В послеоперационном периоде у 43 (36 %) пациентов наблюдалась боль по передней поверхности бедра, слабость мышц сгибателей бедра отмечалась в 20 случаях, онемение по передней поверхности бедра было выявлено у 13 пациентов [38]. По мнению авторов, слабость мышц сгибателей бедра обусловлена прямой травмой поясничной мышцы во время доступа к боковому отделу позвоночника и тракцией ее во время операции, а не травмой поясничного сплетения.

По нашим данным, у 5 (7 %) пациентов отмечалась транзиторная слабость мышц сгибателей бедра. В 8

(11,2 %) случаях было отмечено снижение болевой и температурной чувствительности по передней поверхности бедра. Общее количество осложнений составило 29,6 %, из них стойких либо потребовавших повтор-

ных операций 5,4 %. Стандартное использование технологии LLIF позволяет полностью исключить контакт с ТМО и, как следствие, отсутствие вероятности ее повреждения при проведении операции.

ВЫВОДЫ

1. Применение LLIF у пациентов с ADS при типе дуги N ($\leq 30^\circ$) по Schwab обеспечивает адекватную хирургическую коррекцию деформации позвоночника как в сагиттальной, так и во фронтальной плоскостях.
2. Восстановление нарушенного локального сагиттального баланса у этой категории больных путем короткосегментной фиксации по технологии LLIF приводит к статистически значимому улучшению качества

жизни и увеличению степени функциональной адаптации пациентов.

3. Значительно меньшее количество ранних и поздних послеоперационных осложнений, меньшая интраоперационная кровопотеря и сокращение сроков пребывания в стационаре делают LLIF в сочетании с MIS ТПФ методом выбора при определении хирургической тактики у больных пожилого и старческого возраста с ADS.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population / F. Schwab, A. Dubey, L. Gamez, A.B. El Fegoun, K. Hwang, M. Pagala, J.P. Farcy // Spine. 2005. Vol. 30, No 9. P. 1082-1085.
2. A prospective study of de novo scoliosis in a community based cohort / T. Kobayashi, Y. Atsuta, M. Takemitsu, T. Matsuno, N. Takeda // Spine. 2006. Vol. 31, No 2. P. 178-182.
3. Aebi M. The adult scoliosis // Eur. Spine J. 2005. Vol. 14, No 10. P. 925-948. DOI: 10.1007/s00586-005-1053-9.
4. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity / S.D. Glassman, K. Bridwell, J.R. Dimar, W. Horton, S. Berven, F. Schwab // Spine. 2005. Vol. 30, No 18. P. 2024-2029.
5. Likelihood of reaching minimal clinically important difference in adult spinal deformity: a comparison of operative and nonoperative treatment / S. Liu, F. Schwab, J.S. Smith, E. Klineberg, C.P. Ames, G. Mundis, R. Hostin, K. Kebaish, V. Deviren, M. Gupta, O. Boachie-Adjei, R.A. Hart, S. Bess, V. Lafage // Ochsner. J. 2014. Vol. 14, No 1. P. 67-77.
6. Repeatability test of C7 plumb line and gravity line on asymptomatic volunteers using an optical measurement technique / X. Zheng, R. Chaudhari, C. Wu, A.A. Mehdod, E.E. Transfeldt, R.B. Winter // Spine. 2010. Vol. 35, No 18. P. E889-E894.
7. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults / J.M. Mac-Thiong, P. Roussouly, E. Berthonnaud, P. Guigui // Spine. 2010. Vol. 35, No 22. P. E1193-E1198. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e50808.
8. Berjano P, Lamartina C. Far lateral approaches (XLIF) in adult scoliosis // Eur. Spine J. 2013. Vol. 22, No Suppl. 2. P. S242-S253. DOI: 10.1007/s00586-012-2426-5.
9. DeWald C.J., Stanley T. Instrumentation-related complications of multilevel fusions for adult spinal deformity patients over age 65: surgical considerations and treatment options in patients with poor bone quality // Spine. 2006. Vol. 31, No 19 Suppl. P. S144-S151. DOI: 10.1097/01.brs.0000236893.65878.39.
10. Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion / B.M. Ozgur, H.E. Aryan, L. Pimenta, W.R. Taylor // Spine J. 2006. Vol. 6, No 4. P. 435-443. DOI:10.1016/j.spinee.2005.08.012.
11. A new minimally invasive surgical technique for adult lumbar degenerative scoliosis / L. Pimenta, F. Vigna, F. Bellera, T. Schaffa, J. Malcolm, P. McAfee. Proceedings of the 11th International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST). Southampton, Bermuda, 2004.
12. Changes in coronal and sagittal plane alignment following minimally invasive direct lateral interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar disease in adults: a radiographic study / F.L. Acosta, J. Liu, N. Slimack, D. Moller, R. Fessler, T. Koski // J. Neurosurg. Spine. 2011. Vol. 15, No 1. P. 92-96. DOI: 10.3171/2011.3.SPINE10425.
13. Complications and radiographic correction in adult scoliosis following combined transpoas extreme lateral interbody fusion and posterior pedicle screw instrumentation / M.J. Tormenti, M.B. Maserati, C.M. Bonfield, D.O. Okonkwo, A.S. Kanter // Neurosurg. Focus. 2010. Vol. 28, No 3. P. E7. DOI: 10.3171/2010.1.FOCUS09263.
14. Neurologic deficit following lateral lumbar interbody fusion / M. Pumberger, A.P. Hughes, R.R. Huang, A.A. Sama, F.P. Cammisa, F.P. Girardi // Eur. Spine J. 2012. Vol. 21, No 6. P. 1192-1199. DOI: 10.1007/s00586-011-2087-9.
15. Fairbank J.C., Pynsent P.B. The Oswestry Disability Index // Spine. 2000. Vol. 25, No 22. P. 2940-2952.
16. Ware J.E., Kosinski M., Keller S.D. SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A User's Manual. Boston, Mass.: The Health Institute, New England Medical Center, 1994.
17. Cobb J.R. Outline for the study of scoliosis. The American Academy of Orthopedic Surgeons Instructional Course Lectures. Vol. 5. Ann Arbor, MI: Edwards, 1948.
18. Does One Size Fit All? Defining Spinopelvic Alignment Thresholds Based on Age / F. Schwab, R. Lafage, B. Liabaud, B. Diebo, J. Smith, R. Hostin, C. Shaffrey, O. Boachie-Adjei, C. Ames, J. Scheer, D. Burton, S. Bess, C. Munish // Spine J. 2014. Vol. 14. P. S120-S121.
19. Le Huec J.C., Hasegawa K. Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects // Eur. Spine J. 2016. Vol. 25, No 11. P. 3630-3637. DOI: 10.1007/s00586-016-4485-5.
20. White A.A., Panjabi M.M. Clinical Biomechanics of the Spine. J.B. Lippincott Company, 1978.
21. Anterior fresh frozen structural allografts in the thoracic and lumbar spine. Do they work if combined with posterior fusion and instrumentation in adult patients with kyphosis or anterior column defects? / K.H. Bridwell, L.G. Lenke, K.W. McEnery, C. Baldus, K. Blanke // Spine. 1995. Vol. 20, No 12. P. 1410-1418.
22. Inter- and intraobserver reliability of computed tomography in assessment of thoracic pedicle screw placement / G. Rao, D.S. Brodke, M. Rondina, K. Bacchus, A.T. Dailey // Spine. 2003. Vol. 28, No 22. P. 2527-2530. DOI: 10.1097/01.BRS.0000092341.56793.F1.
23. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: a systematic literature review / J. Steurer, S. Roner, R. Gnannt, J. Hodler, LumbSten Research Collaboration // BMC Musculoskelet. Disord. 2011. Vol. 12. P. 175. DOI:10.1186/1471-2474-12-175.
24. R Development Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: the R Foundation for Statistical Computing, 2011. Available at: <https://www.R-project.org/>.
25. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: a multicenter study of 306 patients / S. Charosky, P. Guigui, A. Blamoutier, P. Roussouly, D. Chopin, Study Group on Scoliosis // Spine. 2012. Vol. 37, No 8. P. 693-700. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31822ff5c1.
26. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity / V. Lafage, F. Schwab, A. Patel, N. Hawkinson, J.P. Farcy // Spine. 2009. Vol. 34, No 17. P. E599-E606. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219.
27. Complication rates associated with 3-column osteotomy in 82 adult spinal deformity patients: retrospective review of a prospectively collected multicenter consecutive series with 2-year follow-up / J.S. Smith, C.I. Shaffrey, E. Klineberg, V. Lafage, F. Schwab, R. Lafage, H.J. Kim, R. Hostin, G.M. Mundis Jr., M. Gupta, B. Liabaud, J.K. Scheer, B.G. Diebo, T.S. Protosaltis, M.P. Kelly, V. Deviren, R. Hart, D. Burton, S. Bess, C.P. Ames; on behalf of the International Spine Study Group // J. Neurosurg. Spine. 2017. Vol. 27, No 4. P. 444-457. DOI: 10.3171/2016.10.SPINE16849.
28. Proximal Junctional Kyphosis and Proximal Junctional Failure Following Adult Spinal Deformity Surgery / S.J. Hyun, B.H. Lee, J.H. Park, K.J. Kim, T.A. Jahng, H.J. Kim // Korean J. Spine. 2017. Vol. 14, No 4. P. 126-132. DOI: 10.14245/kjs.2017.14.4.126.

29. A clinical impact classification of scoliosis in the adult / F. Schwab, J.P. Farcy, K. Bridwell, S. Berven, S. Glassman, J. Harrast, W. Horton // *Spine*. 2006. Vol. 31, No 18. P. 2109-2114. DOI: 10.1097/01.brs.0000231725.38943.ab.
30. Predicting outcome and complications in the surgical treatment of adult scoliosis / F. Schwab, V. Lafage, J.P. Farcy, K.H. Bridwell, S. Glassman, M.R. Shainline // *Spine*. 2008. Vol. 33, No 20. P. 2243-2247. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817d1d4e.
31. Surgical rates and operative outcome analysis in thoracolumbar and lumbar major adult scoliosis: application of the new adult deformity classification / F. Schwab, V. Lafage, J.P. Farcy, K. Bridwell, S. Glassman, S. Ondra, T. Lowe, M. Shainline // *Spine*. 2007. Vol. 32, No 24. P. 2723-2730. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31815a58f2.
32. Adult scoliosis: a quantitative radiographic and clinical analysis / F.J. Schwab, V.A. Smith, M. Biserni, L. Gamez, J.P. Farcy, M. Pagala // *Spine*. 2002. Vol. 27, No 4. P. 387-392.
33. Combined assessment of pelvic tilt, pelvic incidence/lumbar lordosis mismatch and sagittal vertical axis predicts disability in adult spinal deformity: a prospective analysis / F. Schwab, S. Bess, B. Blondel, V. Lafage // *Spine J*. 2011. Vol. 11. P. S158-S159.
34. The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers / P. Roussouly, S. Gollogly, O. Nosedá, E. Berthonnaud, J. Dimnet // *Spine*. 2006. Vol. 31, No 11. P. E320-E325. DOI: 10.1097/01.brs.0000218263.58642.ff.
35. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity / V. Lafage, F. Schwab, A. Patel, N. Hawkinson, J.-P. Farcy // *Spine*. 2009. Vol. 34, No 17, P. E599-E606. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219.
36. Are sagittal spinopelvic radiographic parameters significantly associated with quality of life of adult spinal deformity patients? Multivariate linear regression analyses for pre-operative and short-term post-operative health-related quality of life / M. Takemoto, L. Boissière, J.M. Vital, F. Pellisé, F.J.S. Perez-Grueso, F. Kleinstück, E.R. Acaroglu, A. Alanay, I. Obeid // *Eur. Spine J*. 2017. Vol. 26, No 8. P. 2176-2186. DOI: 10.1007/s00586-016-4872-y.
37. Optimal Pelvic Incidence Minus Lumbar Lordosis Mismatch after Long Posterior Instrumentation and Fusion for Adult Degenerative Scoliosis / H.C. Zhang, Z.F. Zhang, Z.H. Wang, J.Y. Cheng, Y.C. Wu, Y.M. Fan, T.H. Wang, Z. Wang // *Orthop. Surg*. 2017. Vol. 9, No 3. P. 304-310. DOI: 10.1111/os.12343.
38. Sun X.Y., Zhang X.N., Hai Y. Optimum pelvic incidence minus lumbar lordosis value after operation for patients with adult degenerative scoliosis // *Spine J*. 2017. Vol. 17, No 7. P. 983-989. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.03.008.
39. Minimally Invasive Lateral Lumbar Interbody Fusion: Clinical and Radiographic Outcome at a Minimum 2-year Follow-up / S. Kotwal, S. Kawaguchi, D. Lebl, A. Hughes, R. Huang, A. Sama, F. Cammisá, F. Girardi // *J. Spinal Disord. Tech*. 2015. Vol. 28, No 4. P. 119-125. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182706ce7.
40. Effect of Sagittal Balance on Risk of Falling after Lateral Lumbar Interbody Fusion Surgery Combined with Posterior Surgery / B.H. Lee, J.H. Yang, H.S. Kim, K.S. Suk, H.M. Lee, J.O. Park, S.H. Moon // *Yonsei Med. J*. 2017. Vol. 58, No 6. P. 1177-1185. DOI: 10.3349/ymj.2017.58.6.1177.
41. Mid-term to long-term clinical and functional outcomes of minimally invasive correction and fusion for adults with scoliosis / N. Anand, R. Rosemann, B. Khalsa, E.M. Baron // *Neurosurg. Focus*. 2010. Vol. 28, No 3. P. E6. DOI: 10.3171/2010.1.FOCUS09278.
42. XLIF for lumbar degenerative scoliosis: outcomes of minimally invasive surgical treatment out to 3 years postoperatively / R. Diaz, F. Phillips, L. Pimenta, L. Guerrero // *Spine J*. 2006. Vol. 6, No 5 Suppl. P. 75S-75S.
43. Результаты хирургического лечения нестабильности позвоночно-двигательного сегмента поясничного отдела позвоночника / Н.А. Коновалов, А.Г. Назаренко, А.В. Крутько, Д.Л. Глухих, П. Дурни, М. Дурис, О. Король, Д.С. Асютин, А.В. Соленкова, М.А. Мартынова // *Вопросы нейрохирургии имени Н.М. Бурденко*. 2017. Т. 81, № 6. С. 69-80. DOI: 10.17116/neiro201781669-80.
44. Simon J., Longis P.H., Passuti N. Correlation between radiographic parameters and functional scores in degenerative lumbar and thoracolumbar scoliosis // *Orthop. Traumatol. Surg. Res*. 2017. Vol. 103, No 2. P. 285-290. DOI: 10.1016/j.otsr.2016.10.021.
45. Surgical treatment of pathological loss of lumbar lordosis (flatback) in patients with normal sagittal vertical axis achieves similar clinical improvement as surgical treatment of elevated sagittal vertical axis: clinical article / J.S. Smith, M. Singh, E. Klineberg, C.I. Shaffrey, V. Lafage, F.J. Schwab, T. Protopsaltis, D. Ibrahim, J.K. Scheer, G. Mundis Jr, M.C. Gupta, R. Hostin, V. Deviren, K. Kebaish, R. Hart, D.C. Burton, S. Bess, C.P. Ames; International Spine Study Group // *J. Neurosurg. Spine*. 2014. Vol. 21, No 2. P. 160-170. DOI: 10.3171/2014.3.SPINE13580.
46. Adult spinal deformity: effectiveness of interbody lordotic cages to restore disc angle and spino-pelvic parameters through completely mini-invasive transposas and hybrid approach / G. Barone, L. Scaramuzza, A. Zagra, F. Giudici, A. Perna, L. Proietti // *Eur. Spine J*. 2017. Vol. 26, No Suppl. 4. P. 457-463. DOI: 10.1007/s00586-017-5136-1.
47. Complications and radiographic correction in adult scoliosis following combined transposas extreme lateral interbody fusion and posterior pedicle screw instrumentation / M.J. Tormenti, M.B. Maserati, C.M. Bonfield, D.O. Okonkwo, A.S. Kanter // *Neurosurg. Focus*. 2010. Vol. 28, No 3. P. E7. DOI: 10.3171/2010.1.FOCUS09263.
48. Complications of posterior vertebral resection for spinal deformity / S.S. Kim, B.C. Cho, J.H. Kim, D.J. Lim, J.Y. Park, B.J. Lee, S.I. Suk // *Asian Spine J*. 2012. Vol. 6, No 4. P. 257-265. DOI: 10.4184/asj.2012.6.4.257.
49. Мартынова М.А. Сравнительный анализ исходов хирургического лечения пациентов с нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента поясничного отдела позвоночника с применением технологий трансфораминального межтелового (TLIF) и прямого бокового спондилодеза (DLIF) [дис. ... канд. мед. наук]. Москва, 2016.
50. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: a multicenter study of 306 patients / S. Charosky, P. Guigui, A. Blamoutier, P. Roussouly, D. Chopin; Study Group on Scoliosis // *Spine*. 2012. Vol. 37, No 8. P. 693-700. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31822f5c1.
51. Adult spinal deformity surgery: complications and outcomes in patients over age 60 / M.D. Daubs, L.G. Lenke, G. Cheh, G. Stobbs, K.H. Bridwell // *Spine*. 2007. Vol. 32, No 20. P. 2238-2244.
52. Tohmeh A.G., Rodgers W.B., Peterson M.D. Dynamically evoked, discrete-threshold electromyography in the extreme lateral interbody fusion approach // *J. Neurosurg. Spine*. 2011. Vol. 14, No 1. P. 31-37. DOI: 10.3171/2010.9.SPINE09871.

REFERENCES

1. Schwab F., Dubey A., Gamez L., El Fegoun A.B., Hwang K., Pagala M., Farcy J.P. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population. *Spine*, 2005, vol. 30, no. 9, pp. 1082-1085.
2. Kobayashi T., Atsuta Y., Takemitsu M., Matsuno T., Takeda N. A prospective study of de novo scoliosis in a community based cohort. *Spine*, 2006, vol. 31, no. 2, pp. 178-182.
3. Aebi M. The adult scoliosis. *Eur. Spine J*, 2005, vol. 14, no. 10, pp. 925-948. DOI: 10.1007/s00586-005-1053-9.
4. Glassman S.D., Bridwell K., Dimar J.R., Horton W., Berven S., Schwab F. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine*, 2005, vol. 30, no. 18, pp. 2024-2029.
5. Liu S., Schwab F., Smith J.S., Klineberg E., Ames C.P., Mundis G., Hostin R., Kebaish K., Deviren V., Gupta M., Boachie-Adjei O., Hart R.A., Bess S., Lafage V. Likelihood of reaching minimal clinically important difference in adult spinal deformity: a comparison of operative and nonoperative treatment. *Ochsner. J.*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 67-77.
6. Zheng X., Chaudhari R., Wu C., Mehdob A.A., Transfeldt E.E., Winter R.B. Repeatability test of C7 plumb line and gravity line on asymptomatic volunteers using an optical measurement technique. *Spine*, 2010, vol. 35, no. 18, pp. E889-E894.
7. Mac-Thiong J.M., Roussouly P., Berthonnaud E., Guigui P. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. *Spine*, 2010, vol. 35, no. 22, pp. E1193-E1198. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e50808.
8. Berjano P., Lamartina C. Far lateral approaches (XLIF) in adult scoliosis. *Eur. Spine J*, 2013, vol. 22, no. Suppl. 2, pp. S242-S253. DOI: 10.1007/s00586-012-2426-5.
9. DeWald C.J., Stanley T. Instrumentation-related complications of multilevel fusions for adult spinal deformity patients over age 65: surgical considerations and treatment options in patients with poor bone quality. *Spine*, 2006, vol. 31, no. 19 Suppl., pp. S144-S151. DOI: 10.1097/01.brs.0000236893.65878.39.
10. Ozgur B.M., Aryan H.E., Pimenta L., Taylor W.R. Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J*, 2006, vol. 6, no. 4, pp. 435-443. DOI: 10.1016/j.spinee.2005.08.012.

11. Pimenta L., Vigna F., Bellera F., Schaffa T., Malcolm J., McAfee P. A new minimally invasive surgical technique for adult lumbar degenerative scoliosis. Proc. 11th Intern. Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST). Southampton, Bermuda, 2004.
12. Acosta F.L., Liu J., Slimack N., Moller D., Fessler R., Koski T. Changes in coronal and sagittal plane alignment following minimally invasive direct lateral interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar disease in adults: a radiographic study. *J. Neurosurg. Spine*, 2011, vol. 15, no. 1, pp. 92-96. DOI: 10.3171/2011.3.SPINE10425.
13. Tormenti M.J., Maserati M.B., Bonfield C.M., Okonkwo D.O., Kanter A.S. Complications and radiographic correction in adult scoliosis following combined transpoas extreme lateral interbody fusion and posterior pedicle screw instrumentation. *Neurosurg. Focus*, 2010, vol. 28, no. 3, pp. E7. DOI: 10.3171/2010.1.FOCUS09263.
14. Pumberger M., Hughes A.P., Huang R.R., Sama A.A., Cammisia F.P., Girardi F.P. Neurologic deficit following lateral lumbar interbody fusion. *Eur. Spine J.*, 2012, vol. 21, no. 6, pp. 1192-1199. DOI: 10.1007/s00586-011-2087-9.
15. Fairbank J.C., Pynsent P.B. The Oswestry Disability Index. *Spine*, 2000, vol. 25, no. 22, pp. 2940-2952.
16. Ware J.E., Kosinski M., Keller S.D. *SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A User's Manual*. Boston, Mass., the Health Institute, New England Medical Center, 1994.
17. Cobb J.R. *Outline for the study of scoliosis. The American Academy of Orthopedic Surgeons Instructional Course Lectures*. Vol. 5. Ann Arbor, MI, Edwards, 1948.
18. Schwab F., Lafage R., Liabaud B., Diebo B., Smith J., Hostin R., Shaffrey C., Boachie-Adjei O., Ames C., Scheer J., Burton D., Bess S., Munish C. Does One Size Fit All? Defining Spinopelvic Alignment Thresholds Based on Age. *Spine J.*, 2014, vol. 14, pp. S120-S121.
19. Le Huec J.C., Hasegawa K. Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. *Eur. Spine J.*, 2016, vol. 25, no. 11, pp. 3630-3637. DOI: 10.1007/s00586-016-4485-5.
20. White A.A., Panjabi M.M. *Clinical Biomechanics of the Spine*. J.B. Lippincott Company, 1978.
21. Bridwell K.H., Lenke L.G., McEnery K.W., Baldus C., Blanke K. Anterior fresh frozen structural allografts in the thoracic and lumbar spine. Do they work if combined with posterior fusion and instrumentation in adult patients with kyphosis or anterior column defects? *Spine*, 1995, vol. 20, no. 12, pp. 1410-1418.
22. Rao G., Brodke D.S., Rondina M., Bacchus K., Dailey A.T. Inter- and intraobserver reliability of computed tomography in assessment of thoracic pedicle screw placement. *Spine*, 2003, vol. 28, no. 22, pp. 2527-2530. DOI: 10.1097/01.BRS.0000092341.56793.F1.
23. Steurer J., Roner S., Gnannt R., Hodler J.; LumbSten Research Collaboration. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: a systematic literature review. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 2011, vol. 12, pp. 175. DOI: 10.1186/1471-2474-12-175.
24. *R Development Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: the R Foundation for Statistical Computing, 2011. Available at: <https://www.R-project.org/>.
25. Charosky S., Guigui P., Blamoutier A., Roussouly P., Chopin D.; Study Group on Scoliosis. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: a multicenter study of 306 patients. *Spine*, 2012, vol. 37, no. 8, pp. 693-700. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318222ff5c1.
26. Lafage V., Schwab F., Patel A., Hawkinson N., Farcy J.P. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine*, 2009, vol. 34, no. 17, pp. E599-E606. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219.
27. Smith J.S., Shaffrey C.I., Klineberg E., Lafage V., Schwab F., Lafage R., Kim H.J., Hostin R., Mundis G.M. Jr., Gupta M., Liabaud B., Scheer J.K., Diebo B.G., Protosaltis T.S., Kelly M.P., Deviren V., Hart R., Burton D., Bess S., Ames C.P.; on behalf of the International Spine Study Group. Complication rates associated with 3-column osteotomy in 82 adult spinal deformity patients: retrospective review of a prospectively collected multicenter consecutive series with 2-year follow-up. *J. Neurosurg. Spine*, 2017, vol. 27, no. 4, pp. 444-457. DOI: 10.3171/2016.10.SPINE16849.
28. Hyun S.J., Lee B.H., Park J.H., Kim K.J., Jahng T.A., Kim H.J. Proximal Junctional Kyphosis and Proximal Junctional Failure Following Adult Spinal Deformity Surgery. *Korean J. Spine*, 2017, vol. 14, no. 4, pp. 126-132. DOI: 10.14245/kjs.2017.14.4.126.
29. Schwab F., Farcy J.P., Bridwell K., Berven S., Glassman S., Harrast J., Horton W. A clinical impact classification of scoliosis in the adult. *Spine*, 2006, vol. 31, no. 18, pp. 2109-2114. DOI: 10.1097/01.brs.0000231725.38943.ab.
30. Schwab F., Lafage V., Farcy J.P., Bridwell K.H., Glassman S., Shainline M.R. Predicting outcome and complications in the surgical treatment of adult scoliosis. *Spine*, 2008, vol. 33, no. 20, pp. 2243-2247. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817d1d4e.
31. Schwab F., Lafage V., Farcy J.P., Bridwell K., Glassman S., Ondra S., Lowe T., Shainline M. Surgical rates and operative outcome analysis in thoracolumbar and lumbar major adult scoliosis: application of the new adult deformity classification. *Spine*, 2007, vol. 32, no. 24, pp. 2723-2730. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31815a58f2.
32. Schwab F.J., Smith V.A., Biserni M., Gamez L., Farcy J.P., Pagala M. Adult scoliosis: a quantitative radiographic and clinical analysis. *Spine*, 2002, vol. 27, no. 4, pp. 387-392.
33. Schwab F., Bess S., Blondel B., Lafage V. Combined assessment of pelvic tilt, pelvic incidence/lumbar lordosis mismatch and sagittal vertical axis predicts disability in adult spinal deformity: a prospective analysis. *Spine J.*, 2011, vol. 11, pp. S158-S159.
34. Roussouly P., Gollopy S., Nosedo O., Berthounaud E., Dimnet J. The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers. *Spine*, 2006, vol. 31, no. 11, pp. E320-E325. DOI: 10.1097/01.brs.0000218263.58642.ff.
35. Lafage V., Schwab F., Patel A., Hawkinson N., Farcy J.-P. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine*, 2009, vol. 34, no. 17, pp. E599-E606. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219.
36. Takemoto M., Boissiere L., Vital J.M., Pellisé F., Perez-Grueso F.J.S., Kleinstück F., Acaroglu E.R., Alanay A., Obeid I. Are sagittal spinopelvic radiographic parameters significantly associated with quality of life of adult spinal deformity patients? Multivariate linear regression analyses for pre-operative and short-term post-operative health-related quality of life. *Eur. Spine J.*, 2017, vol. 26, no. 8, pp. 2176-2186. DOI: 10.1007/s00586-016-4872-y.
37. Zhang H.C., Zhang Z.F., Wang Z.H., Cheng J.Y., Wu Y.C., Fan Y.M., Wang T.H., Wang Z. Optimal Pelvic Incidence Minus Lumbar Lordosis Mismatch after Long Posterior Instrumentation and Fusion for Adult Degenerative Scoliosis. *Orthop. Surg.*, 2017, vol. 9, no. 3, pp. 304-310. DOI: 10.1111/os.12343.
38. Sun X.Y., Zhang X.N., Hai Y. Optimum pelvic incidence minus lumbar lordosis value after operation for patients with adult degenerative scoliosis. *Spine J.*, 2017, vol. 17, no. 7, pp. 983-989. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.03.008.
39. Kotwal S., Kawaguchi S., Lebl D., Hughes A., Huang R., Sama A., Cammisia F., Girardi F. Minimally Invasive Lateral Lumbar Interbody Fusion: Clinical and Radiographic Outcome at a Minimum 2-year Follow-up. *J. Spinal Disord. Tech.*, 2015, vol. 28, no. 4, pp. 119-125. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182706ce7.
40. Lee B.H., Yang J.H., Kim H.S., Suk K.S., Lee H.M., Park J.O., Moon S.H. Effect of Sagittal Balance on Risk of Falling after Lateral Lumbar Interbody Fusion Surgery Combined with Posterior Surgery. *Yonsei Med. J.*, 2017, vol. 58, no. 6, pp. 1177-1185. DOI: 10.3349/ymj.2017.58.6.1177.
41. Anand N., Rosemann R., Khalsa B., Baron E.M. Mid-term to long-term clinical and functional outcomes of minimally invasive correction and fusion for adults with scoliosis. *Neurosurg. Focus*, 2010, vol. 28, no. 3, pp. E6. DOI: 10.3171/2010.1.FOCUS09278.
42. Diaz R., Phillips F., Pimenta L., Guerrero L. XLIF for lumbar degenerative scoliosis: outcomes of minimally invasive surgical treatment out to 3 years postoperatively. *Spine J.*, 2006, vol. 6, no. 5 Suppl., pp. 75S-75S.
43. Konovalov N.A., Nazarenko A.G., Krut'ko A.V., Glukhikh D.L., Durni P., Duris M., Korol' O., Asyutin D., Solenkova A.V., Martynova M.A. Results of surgical treatment for lumbar spine segmental instability. *Zh. Vopr. Neurokhir. Im. N.N. Burdenko*, 2017, vol. 81, no. 6, pp. 69-80. DOI: 10.17116/neiro201781669-80. (in Russian)
44. Simon J., Longis P.M., Passuti N. Correlation between radiographic parameters and functional scores in degenerative lumbar and thoracolumbar scoliosis. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, 2017, vol. 103, no. 2, pp. 285-290. DOI: 10.1016/j.otsr.2016.10.021.
45. Smith J.S., Singh M., Klineberg E., Shaffrey C.I., Lafage V., Schwab F.J., Protosaltis T., Ibrahim D., Scheer J.K., Mundis G. Jr., Gupta M.C., Hostin R., Deviren V., Kebaish K., Hart R., Burton D.C., Bess S., Ames C.P.; International Spine Study Group. Surgical treatment of pathological loss of lumbar lordosis (flatback) in patients with normal sagittal vertical axis achieves similar clinical improvement as surgical treatment of elevated sagittal vertical axis: clinical article. *J. Neurosurg. Spine*, 2014, vol. 21, no. 2, pp. 160-170. DOI: 10.3171/2014.3.SPINE13580.

46. Barone G., Scaramuzza L., Zagra A., Giudici F., Perna A., Proietti L. Adult spinal deformity: effectiveness of interbody lordotic cages to restore disc angle and spino-pelvic parameters through completely mini-invasive trans-psoas and hybrid approach. *Eur. Spine J.*, 2017, vol. 26, no. Suppl. 4, pp. 457-463. DOI: 10.1007/s00586-017-5136-1.
47. Tormenti M.J., Maserati M.B., Bonfield C.M., Okonkwo D.O., Kanter A.S. Complications and radiographic correction in adult scoliosis following combined transpsoas extreme lateral interbody fusion and posterior pedicle screw instrumentation. *Neurosurg. Focus*, 2010, vol. 28, no. 3, pp. E7. DOI: 10.3171/2010.1.FOCUS09263.
48. Kim S.S., Cho B.C., Kim J.H., Lim D.J., Park J.Y., Lee B.J., Suk S.I. Complications of posterior vertebral resection for spinal deformity. *Asian Spine J.*, 2012, vol. 6, no. 4, pp. 257-265. DOI: 10.4184/asj.2012.6.4.257.
49. Martynova M.A. *Sravnitelnyi analiz iskhodov khirurgicheskogo lecheniia patsientov s nestabilnostiu pozvonochno-dvigatel'nogo segmenta poiasnichnogo otdela pozvonochnika s primeneniem tekhnologii transforaminal'nogo mezhtelovogo (TLIF) i priamogo bokovogo spondilodeza (DLIF)*. Diss. kand. med. nauk [A comparative analysis of the outcomes of surgical treatment of patients with the lumbar spinal-motor segment instability using the technologies of transforaminal interbody (TLIF) and direct lateral spondylodesis (DLIF). Cand. med. sci. diss.]. Moscow, 2016. (in Russian)
50. Charosky S., Guigui P., Blamoutier A., Roussouly P., Chopin D.; Study Group on Scoliosis. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: a multicenter study of 306 patients. *Spine*, 2012, vol. 37, no. 8, pp. 693-700. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31822ff5c1.
51. Daubs M.D., Lenke L.G., Cheh G., Stobbs G., Bridwell K.H. Adult spinal deformity surgery: complications and outcomes in patients over age 60. *Spine*, 2007, vol. 32, no. 20, pp. 2238-2244.
52. Tohmeh A.G., Rodgers W.B., Peterson M.D. Dynamically evoked, discrete-threshold electromyography in the extreme lateral interbody fusion approach. *J. Neurosurg. Spine*, 2011, vol. 14, no. 1, pp. 31-37. DOI: 10.3171/2010.9.SPINE09871.

Рукопись поступила 12.04.2018

Сведения об авторах:

1. Климов Владимир Сергеевич, к. м. н.,
ФГБУ «Федеральный Центр Нейрохирургии» Минздрава России,
г. Новосибирск, Россия;
Email: v_klimov@neuronsk.ru
2. Василенко Иван Игоревич,
ФГБУ «Федеральный Центр Нейрохирургии» Минздрава России,
г. Новосибирск, Россия;
Email: i_vasilenko@neuronsk.ru
3. Евсюков Алексей Владимирович, к. м. н.,
ФГБУ «Федеральный Центр Нейрохирургии» Минздрава России,
г. Новосибирск, Россия;
Email: a_evsyukov@neuronsk.ru
4. Халепа Роман Владимирович,
ФГБУ «Федеральный Центр Нейрохирургии» Минздрава России,
г. Новосибирск, Россия;
Email: r_halepa@neuronsk.ru
5. Амелина Евгения Валерьевна, к.ф.-м.н.,
ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет», г. Новосибирск, Россия;
Email: amelina.evgenia@gmail.com
6. Рябых Сергей Олегович, д. м. н.,
ФГБУ «РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России,
г. Курган, Россия;
Email: rso_@mail.ru
7. Рзаев Джамиль Афет оглы, к. м. н.,
ФГБУ «Федеральный Центр Нейрохирургии» Минздрава России,
г. Новосибирск, Россия;
Email: d_rzaev@neuronsk.ru

Information about the authors:

1. Vladimir S. Klimov, M.D., Ph.D.,
Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation;
Email: v_klimov@neuronsk.ru
2. Ivan I. Vasilenko, M.D.,
Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation;
Email: i_vasilenko@neuronsk.ru
3. Alexey V. Evsyukov, M.D., Ph.D.,
Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation;
Email: a_evsyukov@neuronsk.ru
4. Roman V. Khalepa, M.D.,
Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation;
Email: r_halepa@neuronsk.ru
5. Evgeniya V. Amelina, Ph.D. of Physico-mathematical Sciences,
Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation;
Email: amelina.evgenia@gmail.com
6. Sergey O. Ryabikh, M.D., Ph.D.,
Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation;
Email: rso_@mail.ru
7. Jamil Afet ogly Rzaev, M.D., Ph.D.
Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation;
Email: d_rzaev@neuronsk.ru