

Влияние реконструкции сагиттального баланса на результаты лечения пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным спондилолистезом низкой степени градации: анализ моноцентровой четырехлетней когорты

В.С. Климов^{1,2}, И.И. Василенко^{1,3}, С.О. Рябых⁴, Е.В. Амелина⁵, А.В. Булатов¹, А.В. Евсюков¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный Центр Нейрохирургии»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Новосибирск, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Новосибирск, Россия

³Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии –

филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и

генетики Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск, Россия

⁴Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

⁵Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», г. Новосибирск, Россия

Effect of the reconstructed sagittal balance on outcomes in the elderly with degenerative low-grade spondylolisthesis: single center four-year cohort study

V.S. Klimov^{1,2}, I.I. Vasilenko^{1,3}, S.O. Ryabykh⁴, E.V. Amelina⁵, A.V. Bulatov¹, A.V. Yevsyukov¹

¹Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation

²Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russian Federation

³Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology –

Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

⁴Izilarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

⁵Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

Цель. Изучить влияние хирургической реконструкции локального сагиттального баланса на результаты лечения и качество жизни пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным спондилолистезом низкой степени градации. **Дизайн исследования:** ретроспективное нерандомизированное моноцентровое когортное исследование. **Материалы и методы.** Анализ 110 пациентов пожилого и старческого возраста (91 (82,7 %) женщина и 19 (17,3 %) мужчин) с дегенеративным спондилолистезом, прооперированных в ФГБУ ФЦН (г. Новосибирск). Средний возраст 66 лет, варьировал от 60 до 83 лет. Всем пациентам выполняли рентгенографию, спиральную компьютерную томографию, МРТ поясничного отдела позвоночника, анкетирование по визуально-аналоговой шкале боли и опроснику ODI. Оценивали параметры сагиттальных модификаторов: PI, SS, PT, LL, SL (Segmental Lordosis), LL4-S1 (Lordosis L4-S1) скорректированных с учетом возрастной вариативности. Определение целевых показателей глобального поясничного лордоза (cLL) выполнялось по формуле: $LL = 0.54 \times PI + 27.6^\circ$. Также исследовался коморбидный профиль с учетом индекса массы тела, индекса коморбидности «Charlson Comorbidity Index». Разделение на группы проводилось на основании наличия нарушений параметров сагиттального баланса. Пациенты были распределены на три группы по индексу Barrey: 1 – без нарушения сагиттального баланса, 2 – с компенсированным нарушением баланса, 3 – с декомпенсированным сагиттальным дисбалансом, в которых и определяли исходы лечения. **Результаты.** Повышенная масса тела была у 97,3 % пациентов. Средний ИМТ составил 33,7. У всех 110 пациентов выявлена сопутствующая соматическая патология. Средний показатель CCI составил 57,4 %. Средний PI составил 57,4°. Наличие значимого сегментарного дисбаланса, обусловленного потерей сегментарного лордоза на уровне нижних ПДС поясничного отдела позвоночника, выявлено у большинства пациентов (95 человек, 86,4 %). При расчете целевых значений PT, в соответствии с имеющимся PI, ретроверсия таза как компенсаторный механизм была определена у 95 % больных. Статистически значимое увеличение LL4-S1 отмечено во всех 3 подгруппах вследствие редукции спондилолистеза и восстановления сегментарного лордоза, статистически значимое увеличение LL наблюдалось только в 3 подгруппе пациентов. При сравнении показателей качества жизни по ODI пациентов с TLIF и ALIF/LLIF мы не получили статистически значимых различий. Общее количество осложнений по критериям Dindo-Clavien – 65 (59 %), при этом у пациентов после TLIF их количество значительно больше 59 (69 %), по сравнению с ALIF/LLIF – 6 (24 %). Из них III В степени всего 5 (0,5 %). **Выводы.** Дифференцированное использование хирургических технологий и MIS опций является методом выбора у пациентов пожилого и старческого возраста, учитывая коморбидный профиль. Пациенты с компенсированным сагиттальным балансом нуждаются в прямой декомпрессии структур позвоночного канала, редукции и стабилизации дегенеративного спондилолистеза из заднего доступа. У пациентов с нарушенным позвоночно-тазовым балансом лечение должно быть направлено на редукцию и восстановление сегментарного лордоза (SL) путем применения лордозированных имплантатов, что обеспечивает достижение хороших клинических и рентгенологических результатов. **Ключевые слова:** дегенеративный спондилолистез поясничного отдела позвоночника, пациенты пожилого и старческого возраста, сагиттальный баланс, поясничный боковой межтеловой спондилолистез

Objective To explore the effect of surgical reconstruction of the local sagittal balance on the outcomes and quality of life in elderly with degenerative low-grade spondylolisthesis. **Design:** a retrospective non-randomized single center cohort study. **Material and methods** This article reviewed 110 elderly patients (91 (82.7 %) females and 19 (17.3 %) males) with degenerative spondylolisthesis who underwent surgical treatment at the Federal State Medical Center, Novosibirsk. The mean age was 66 years (range, 60 to 83 years). Radiography, spiral computed tomography, MRI of the lumbar spine were performed for all patients who were also asked to use the visual analog scale and the Oswestry disability index (ODI). Sagittal spino-pelvic radiographic parameters including PI, SS, PT, LL, SL (Segmental Lordosis), LL4-S1 (Lordosis L4-S1) were measured and related to age. Global lumbar lordosis measurements were made using the formula: $LL = 0.54 \times PI + 27.6^\circ$. Comorbidity assessment was produced with the body mass index (BMI) and the Charlson Comorbidity Index (CCI). Patients were subdivided into three groups according to the severity of the sagittal imbalance as described by Barrey: (1) balanced, (2) balanced with compensatory mechanisms and (3) imbalanced, and their outcomes evaluated. **Results** Increased body weight was observed in 97.3 % of patients. The mean BMI was 33.7. A comorbid condition was detected in all patients (n = 110). The mean CCI was 57.4 %.

Влияние реконструкции сагиттального баланса на результаты лечения пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным спондилолистезом низкой степени градации: анализ моноцентровой четырехлетней когорты / В.С. Климов, И.И. Василенко, С.О. Рябых, Е.В. Амелина, А.В. Булатов, А.В. Евсюков // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 4. С. 555-564. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-4-555-564

Klimov V.S., Vasilenko I.I., Ryabykh S.O., Amelina E.V., Bulatov A.V., Yevsyukov A.V. Effect of the reconstructed sagittal balance on outcomes in the elderly with degenerative low-grade spondylolisthesis: single center four-year cohort study. *Genij Ortopedii*, 2020, vol. 26, no 4, pp. 555-564. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-4-555-564

The mean PI was 57.4°. Most of patients (n = 95, 86.4 %) had significant segmental imbalance due to the loss of segmental lordosis at the lower lumbar motion segments. Pelvic retroversion was identified as the compensatory mechanism in the pelvis area in 95 % of patients with measurements of PT based on the available PI. A statistically significant increase in LL4-S1 was observed in the groups due to reduction of spondylolisthesis and restoration of the segmental lordosis. A statistically significant increase in LL was observed in the imbalanced group only. No statistically significant differences in ODI scores were observed in TLIF and ALIF/LLIF patients. Complications graded in the Clavien-Dindo classification were identified in 65 (59 %) cases with greater complication rate in TLIF patients (n = 59, 69 %), as compared to ALIF/LLIF (n = 6, 24 %). From them, 5 (0.5 %) were graded IIIB. **Conclusion** Differentiated use of surgical technologies and MIS is the method of choice for elderly patients with comorbidities. Patients with compensated sagittal balance can benefit from direct spinal canal decompression, reduction and stabilization of degenerative spondylolisthesis using the posterior approach. Treatment of patients with impaired spino-pelvic balance should be aimed at reduction and restoration of the segmental lordosis (SL) using lordotic cages to ensure good clinical and radiological results.

Keywords: degenerative spondylolisthesis of the lumbar spine, elderly patients, sagittal balance, lateral lumbar interbody fusion

ВВЕДЕНИЕ

Неоспоримой является прямая зависимость увеличения общей продолжительности жизни с нарастанием частоты дегенеративных заболеваний позвоночника [1]. По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), к 2050 году число людей старше 60 лет достигнет 2 миллиардов, по состоянию на 2015 год в этой возрастной группе насчитывается более 900 миллионов человек [2]. Дегенеративный спондилолистез ежегодно выявляется у 39 миллионов человек (0,53 %) во всем мире, с самой высокой частотой в Европе и Азии [1, 3].

Эволюция анестезиологического обеспечения и хирургических технологий расширила возможности оперативного лечения у пациентов пожилого и старческого возраста с высокой коморбидностью [3, 4]. Ряд исследователей [4, 5] подчеркивает высокий риск осложнений, связанных с оперативным лечением на поясничном отделе позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста. Для уменьшения рисков хирургических осложнений, в том числе у пожилых пациентов, активно применяются минимально-инвазивные декомпрессивные, декомпрессивно-стабилизирующие и корригирующие вмешательства [4–6].

Одним из предикторов прогноза успешного лечения при деформациях позвоночника, в том числе при дегенеративном спондилолистезе, является необходимость восстановления сагиттального профиля позвоночника [7]. С высоким уровнем доказательности и внутри-экспертного консенсуса показано, что сагиттальный дисбаланс оказывает отрицательное влияние на клиническую картину и качество жизни пациентов [8], а восстановление оптимальных позвоночно-тазовых параметров достоверно улучшает повседневную активность [9, 10]. Сегодня планирование оперативного лечения требует учета показателей PI (Pelvic Incidence),

PT (Pelvic Tilt), SS (Sacral Slope), LL (Lumbar Lordosis), PI-LL, глобального сагиттального баланса тела (SVA) (Sagittal Vertical Axis) и компенсаторных механизмов. Наиболее актуальным это является для больных пожилого и старческого возраста с выраженными дегенеративными изменениями позвоночника, часто приводящими к нарушениям этих параметров. Однако значимость реконструкции этих показателей в определенной возрастной группе не определена.

Базовыми методиками лечения являются TLIF, ALIF и LLIF с использованием межтеловых имплантатов с возможностью коррекции сегментарного поясничного лордоза. Опции MIS (minimally invasive surgery) признаны значимыми для сокращения хирургической агрессии у пациентов старшей возрастной группы.

Тем не менее, остается спорным вопрос об оценке клинических исходов, частоте осложнений и необходимости восстановления сагиттального баланса у категории пациентов пожилого и старческого возраста, что аргументирует основной вопрос: влияет ли реконструкция показателей локального сагиттального баланса на результаты лечения пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным спондилолистезом низкой степени градации, который был нами поставлен как цель исследования.

Цель исследования: изучить влияние хирургической реконструкции локального сагиттального баланса на результаты лечения и качество жизни пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным спондилолистезом низкой степени градации.

Дизайн исследования: ретроспективное нерандомизированное моноцентровое когортное исследование. Уровень доказательности – 2с (исследования исходов, UK Oxford, версия 2009).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнен анализ сплошной когорты 110 пациентов пожилого и старческого возраста (по классификации ВОЗ), прооперированных по поводу дегенеративного спондилолистеза низкой степени градации в соответствии с классификацией Marchetti – Bartolozzi [11].

Преобладали больные женского пола: 91 (82,7 %) женщина и 19 (17,3 %) мужчин. Возраст составил 66/66 [62; 68] лет, варьировал от 60 до 83 лет (формат представления данных: среднее/медиана [1; 3 квартиль]).

База: спинальное отделение Федерального центра нейрохирургии (г. Новосибирск).

Период набора материала: январь 2014 г. – декабрь 2017 г.

Критерии включения:

– первичный приобретенный дегенеративный спон-

дилолистез по классификации Marchetti Bartolozzi;

– сегментарная нестабильность на уровне спондилолистеза (5 и более баллов по White-Panjabi (1990)) [12];

– возраст пациентов 60 и более лет;

– хроническая боль 5 и более баллов по VAS [13], VAS LBP (Visual Analog Scale low back pain) и VAS LP (Visual Analog Scale Leg Pain);

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

Критерии исключения:

– пациенты с ранее перенесенными операциями на позвоночнике;

– опухолевые и воспалительные поражения позвоночника;

– отсутствие архива данных.

Производился учет параметров пациентов по полу, возрасту, индексу массы тела (ИМТ), индексу коморбидности CCI (Charlson Comorbidity Index). Для оценки выраженности болевого синдрома в спине, в нижних конечностях использовалась визуально-аналоговая шкала боли (VAS LBP, LP). Оценка степени функциональной адаптации проводилась с использованием опросника Освестри (ODI – Oswestry Disability Index) [14].

Диагностический протокол предоперационного обследования включал сбор анамнеза, общеклиническое, неврологическое обследование, анкетирование, методы нейровизуализационной диагностики (рентгенография, магнитно-резонансная томография, спиральная компьютерная томография).

Пояснично-тазовые взаимоотношения оценивали на обзорных рентгенограммах поясничного отдела позвоночника во фронтальной и сагиттальной плоскости с захватом головок бедренных костей в положении стоя. Измерения параметров сагиттального баланса проводили при помощи программного обеспечения Sagittal Balance Academy (www.sagittal-balance.com).

Рентгенография поясничного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости с функциональными пробами (в крайних положениях сгибания и разгибания) выполнялась для определения степени спондилолистеза по классификации H.W. Meyerding [15] и выявления нестабильности позвоночно-двигательных сегментов. Измерение смещений позвонков выполнялось по методике, описанной A.A. White и M.M. Panjabi [12], нестабильным позвоночно-двигательный сегмент считался при 5 и более баллах. Сагиттальный профиль позвоночника оценивали по 3 критериям: сбалансированный, компенсированный и дисбалансированный [16, 17]. Проводили расчет основных показателей позвоночно-тазового баланса: PI, SS, PT, LL, LL4-S1 (Lordosis L4-S1 – лордоз на уровне сегментов L4-S1). Тип деформации позвоночника классифицировали по SRS-Schwab с использованием модификаторов классификации PI-LL, SVA и PT с расчетом степени выраженности их отклонений [18]. Для определения корреляционной зависимости показателей ПТВ с качеством жизни пациентов применяли формулу $PI = LL \pm 9^\circ$. Целевое значение интегрированных показателей SVA (Sagittal vertical axis) и PI-LL (PI минус LL) определяли с поправкой на возраст [18]. Для определения целевых показателей глобального LL мы использовали формулу: $LL (L1-S1) = 0,54 \times PI + 27,6$, а для расчета нормальных теоретических значений PT применяли формулу: $PT = 0,44 \times PI - 11,4$ [19, 20]. Расчет таргетной величины нижне-поясничного лордоза проводили по формуле: $L4S1 = 0,66 \times L1S1$ [21].

Спиральную компьютерную томографию (СКТ) до и после операции выполняли всем пациентам. Для уточнения компрессирующего воздействия на нервные структуры позвоночного канала, оценки состояния задней и передней продольных связок проводилась СКТ с интратекальным введением контрастного вещества. При проведении послеоперационного контроля исключали мальпозицию транспедикулярных винтов в соответствии с классификацией G. Rao (2003) [22]. Оценку формирования костного блока проводили через 24 месяца после операции с выделением 4 градусов в соответствии с критериями Tan et al. [23].

MPT-исследование с величиной магнитной индукции 1,5 Тл выполняли всем пациентам. Критериями

центрального стеноза позвоночного канала (ПК) считали уменьшение его сагиттального размера < 13 мм, сагиттального размера дурального мешка < 10 мм, поперечного размера ПК < 15 мм, межфасеточного расстояния < 15 мм, площади поперечного сечения дурального мешка < 130 мм² [24–26]. Оценку степени центрального стеноза ПК проводили полуколичественным методом по классификации Schizas с соавторами (2010) [27]. Критерии латерального стеноза ПК: уменьшение угла латерального кармана < 30° и его глубины < 3 мм [24]. На сагиттальных T1-взвешенных срезах идентифицировали фораминальный стеноз при уменьшении диаметра межпозвонкового отверстия < 3 мм либо при снижении его высоты < 15 мм [25], с выделением 4-х степеней сужения межпозвонковых отверстий по классификации Lee et al. [28].

Показанием для оперативного лечения у всех пациентов являлось наличие стойкого вертебрального болевого синдрома и/или синдрома компрессии корешков конского хвоста в виде радикулопатии или нейрогенной перемежающейся хромоты, резистентных к консервативному лечению в течение 12 недель.

Критерии оценки:

- общая характеристика больных по полу, возрасту, ИМТ (индекс массы тела);
- сагиттальные модификаторы PI, SS, PT, LL, цLL (целевой показатель глобального поясничного лордоза), SL (Segmental Lordosis), LL4-S1 до и после операции, скорректированные с учетом возрастной вариативности [18, 19];
- тип сагиттального баланса поясничного отдела позвоночника по индексу Barrey (отношение линии от веса C7 к бедренно-крестцовой линии) [29];
- динамика изменений показателей болевого синдрома по VAS LBP, VAS LP;
- динамика изменений показателей качества жизни по ODI;
- структура и количество осложнений по критериям Dindo-Clavien [29];
- продолжительность госпитализации, длительность операции и объем интраоперационной кровопотери [30].

Контрольные точки для исследования определили: до операции, ближайший послеоперационный период (до 14 дней), отдаленный период – от 12 до 56 месяцев: 34/34 [27, 42] (максимальный – 4,7 года).

Хирургические методы

Хирургическая тактика лечения определялась доминирующим клинко-лучевым синдромом в зависимости от степени выраженности неврологических проявлений компрессионных синдромов, наличия клинической нестабильности индексного ПДС и сагиттального дисбаланса.

У 85 (77 %) пациентов в клинической картине преобладали симптомы компрессии корешков конского хвоста, обусловленные центральным, латеральным или фораминальным стенозом ПК, а также болевой вертебральный синдром, обусловленный нестабильностью индексного ПДС.

Устранение компрессирующего субстрата у 28 из 85 пациентов с латеральным стенозом ПК и у 12 больных с фораминальным стенозом ПК выполнялось путем полной резекции фасеточного сустава с восстановлением сегментарного лордоза по методике TLIF [31, 32] в сочетании с MIS ТПФ [33]. У 36 больных с централь-

ным стенозом выполняли билатеральную декомпрессию из одностороннего заднего доступа [34, 35]. Операция также дополнялась установкой межтелового кейджа с восстановлением сегментарного лордоза по методике TLIF [31, 32], в сочетании с MIS ТПФ [33, 36].

У оставшихся 25 (23 %) пациентов симптомы компрессии корешков конского хвоста были выражены незначительно, снижение качества жизни у этих больных определялось выраженным болевым вертебральным синдромом, обусловленным нестабильностью ПДС. У этих пациентов выполнена редукция спондилолистеза из переднего либо бокового доступов с восстановлением высоты диска и увеличением размеров межпозвонковых отверстий, которые выполнялись путем установки лордозированного имплантата [37, 38] по методике MIS ALIF [39] и MIS LLIF [36, 40]. Выбор метода установки лордозированного имплантата определялся дефицитом целевого лордоза (LL) на уровне L4-S1 и зависел от того, на сколько градусов необходимо выполнить коррекцию в таргетном сегменте. По методике ALIF устанавливались лордозированные имплантаты с

углом от 8° до 16° в сочетании с фиксацией наkostной пластиной, по методике LLIF коррекция сегментарного угла составляла 8° и дополнялась транспедикулярной фиксацией (ТПФ) позвоночно-двигательных сегментов (ПДС) по малоинвазивной технологии [33]. У 8 пациентов была выполнена непрякая декомпрессия центральных отделов ПК, у пяти – непрякая декомпрессия межпозвонковых отверстий в связи с клинически значимым фораминальным стенозом [9].

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения R версии 3.5.3 [41]. Для сравнения до- и послеоперационных показателей использовался двухсторонний критерий Вилкоксона, сравнение показателей двух независимых групп проводилось с помощью двухстороннего критерия Манна-Уитни, сравнение трех групп – теста Краскела-Уоллиса.

Для иллюстрации результатов использовали диаграммы типа «ящик с усами», где представлены медиана, интерквартильный размах, наибольшее/наименьшее выборочное значение, находящееся в пределах расстояния 1.5 значения интерквартильного размаха и выбросы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клинико-неврологическая характеристика больных

Общая характеристика больных по полу, возрасту, ИМТ, ССИ, ODI, VAS, а также клиническим проявлениям нейрогенной хромоты представлена в таблице 1. У всех пациентов присутствовал вертеброгенный болевой синдром от 4 до 10 баллов по VAS.

Таблица 1

Общая характеристика пациентов

Параметры	Когорта пациентов (n = 110)
ИМТ	33,7/33,8 [29,3; 37,4]
CCI	0,6/0,8 [0,2; 0,9]
ODI	62,5/64 [56; 68]
VAS LBP	7,4/7 [7; 8]
VAS LP	6,7/7 [6; 8]

Большинство пациентов (107 человек, 97,3 %) имели повышенную массу тела. У 28 (25 %) пациентов выявлен избыточный вес ($25 \leq \text{ИМТ} < 30$), ожирение 2 степени ($30 \leq \text{ИМТ} < 35$) – у 32 (29 %) больных, ожирение 3 степени ($35 \leq \text{ИМТ} < 40$) – у 34 (31 %) и ожирение 4 степени ($\text{ИМТ} > 40$) – у 13 (12 %). Средний ИМТ составил 33,7.

У всех 110 пациентов выявлена сопутствующая соматическая патология: у подавляющего большинства пациентов (96, 87,3 %) выявленная сопутствующая патология была сочетанной, у 14 (12,7 %) – изолированной. Средний показатель ССИ составил 57,4 % и находился в пределах от 0 до 90 %.

Сегментарная нестабильность на уровне спондилолистеза по White-Panjabi клинически проявлялась вертеброгенным болевым синдромом (более 5 баллов по VAS) у 18 (16,4 %) больных, в 48 (43,6 %) случаях отмечалось сочетание вертеброгенного болевого синдрома с радикулопатией. Во всех случаях она была обусловлена прямой компрессией нервного корешка по данным нейровизуализации: у 31 пациента (64,6 % от 48) за счет латерального стеноза ПК на уровне спондилолистеза, в 17 случаях (35,4 % от 48) – фораминального стеноза. У 44 (40,0 %) больных выявлено сочетание вертеброгенного болевого синдрома с синдромом ней-

рогенной перемежающейся хромоты, обусловленного центральным стенозом ПК на уровне спондилолистеза.

По данным МРТ стеноз степени A4 по Schizas выявлен у 26 пациентов (23,6 %), B – у 24 (21,8 %), C – у 43 (39,1 %) и D – у 17 (15,5 %). Необходимо отметить, что у 18 из 26 больных с рентгенологическими признаками центрального стеноза A4 степени по Schizas клинические проявления компрессии нервных корешков отсутствовали.

Рентгенологическая характеристика больных

Преобладали пациенты с 1 степенью спондилолистеза по классификации Н.W. Meyerding – 104 человека (94,5 %), спондилолистез 2 степени был определен только у 6 больных (5,5 %).

По уровню оперативного вмешательства доминировали пациенты (85 человек (77,3 %)) с патологией в апикальном сегменте поясничного лордоза L4–L5 (табл. 2).

Таблица 2

Распределение по уровням и методам хирургического вмешательства

Уровень	ALIF	LLIF	TLIF	Всего
L2–L3	–	–	1	1 (0,9 %)
L3–L4	2	2	15	19 (17,3 %)
L4–L5	10	11	64	85 (77,3 %)
L5–S1	–	–	5	5 (4,5 %)

Оценка сагиттального баланса

Сагиттальные модификаторы баланса пояснично-крестцового отдела позвоночника пациентов представлены в таблице 3.

Следует отметить, что по своим исходным показателям пациенты, которым выполнялись прямые декомпрессивно-стабилизирующие операции (TLIF) и непрякие вмешательства (ALIF и LLIF), статистически значимо отличались только по величине PT ($p = 0,044$), однако эти данные рассчитаны без поправки на возраст.

На основании расчета индекса Barrey и наличия имеющихся при локальном сагиттальном дисбалансе компенсаторных механизмов мы разделили всех пациентов на три подгруппы:

Таблица 3

Значения сагиттальных модификаторов у пациентов до операции (среднее/медиана [1; 3 квартиль])

Сагиттальные модификаторы	TLIF (85 больных)	ALIF, LLIF (25 больных)	p
PI	57,5/57,1 [49,2; 65,5]	53,4/53,1 [49,2; 57,6]	0,068
LL	55,1/55,9 [47,6; 62,8]	53,7/51,7 [45; 59]	0,369
Целевой LL	58,7/58,4 [54,2; 63]	56,4/56,3 [54,2; 58,7]	0,068
LL4-S1	30,9/31,2 [25,7; 36]	30,1/27,9 [24; 36]	0,695
Целевой LL4-S1	38,7/38,6 [35,8; 41,6]	37,2/37,1 [35,8; 38,7]	0,068
PT	23,8/23,8 [18,7; 28,1]	20,5/21 [16,2; 23,9]	0,044
Целевой PT (с корректировкой на возраст)	24,1/25,1 [22; 25,1]	24,6/25,1 [22; 25,1]	0,333
Целевой PT (формула)	13,9/13,7 [10,2; 17,4]	12,1/12 [10,2; 13,9]	0,068
SS	34,3/33,7 [27,6; 40,2]	32,9/31 [28; 36,4]	0,332
SL	6,2/5,9 [3; 9]	5,9/5,9 [3,8; 9]	0,882
SVA	21,2/16 [-13,5; 38]	27,8/25 [0; 50]	0,364
PI-LL	2,4/1,9 [-5; 7,8]	-0,4/1,2 [-6,1; 5]	0,426

1 группа – сбалансированный позвоночник (индекс Barrey < 0,5) – 15 больных;

2 группа – сбалансированный за счет механизмов компенсации, с наличием только сегментарного и локального сагиттального дисбаланса (индекс Barrey < 0,5, но имеются отклонения от целевых значений показателей PT, SS, LL, LL4-S1) – 69 больных;

3 группа – глобальный сагиттальный дисбаланс (индекс Barrey > 0,5 с отклонениями от целевых значений показателей PT, SS, LL, LL4-S1, SVA) выявлен у 26 больных.

Распределение пациентов по индексу Barrey и по видам проведенных оперативных вмешательств представлено в таблице 4.

Как следует из представленной таблицы, большинство пациентов имеют высокие показатели PI, но при этом подгруппы не отличаются между собой по этому параметру ($p = 0,07$). Следовательно, сам показатель PI не оказывает существенного значения на вероятность развития глобального сагиттального дисбаланса у этой категории больных. Однако получены достоверные различия между подгруппами по показателю PT (1 и 2 подгруппы $p < 0,001$, 1 и 3 подгруппы $p < 0,001$), при этом подгруппы 2 и 3 между собой не отличались ($p = 0,33$), поскольку у этих пациентов PT является общим значимым механизмом компенсации имеющегося сегментарного и локального сагиттального дисбаланса.

При сравнении по значению SVA пациенты 1 и 2 подгрупп не отличались между собой ($p = 0,16$), тогда как 3 подгруппа больных статистически значимо отличалась от 1 и 2 ($p < 0,001$ для обоих сравнений), что свидетельствует о наличии глобального сагиттального дисбаланса только у пациентов 3 подгруппы.

Дефицит нижне-поясничного лордоза (LL4-S1) выявлен у 58 пациентов 2 подгруппы и почти у всех па-

циентов (25) 3 подгруппы, который можно обосновать как триггер развития нарушений позвоночно-тазовых взаимоотношений. Полученные данные подтверждают наличие значимого сегментарного дисбаланса, обусловленного потерей сегментарного лордоза на уровне нижних ПДС поясничного отдела позвоночника, у подавляющего большинства пациентов (95 человек, 86,4 %) старшей возрастной группы с дегенеративным спондилолистезом.

Наличие адекватной компенсации сагиттального дисбаланса во 2 подгруппе больных и недостаточность компенсаторных механизмов, приводящая к глобальному сагиттальному дисбалансу, в 3 подгруппе пациентов подтверждается отсутствием статистически значимых различий по показателям LL ($p = 0,96$) между 1 и 2 подгруппами, тогда как различия между 1 и 3 подгруппами, 2 и 3 подгруппами по LL оказались статистически значимыми ($p = 0,007$ и $p < 0,001$ соответственно).

Об этом же свидетельствуют показатели величины PI-LL, представленные в таблице 5, по которым также не получено статистически значимых различий между пациентами 1 и 2 подгрупп ($p = 0,45$). Значение PI-LL было статистически значимо выше только у больных 3 подгруппы по сравнению с пациентами 1 и 2 подгрупп ($p = 0,0006$ и $p = 0,007$ соответственно).

Значения PT без поправки на возраст превышали рекомендованный норматив (в норме $PT \leq 20$) только у пациентов 2 и 3 подгрупп, что также свидетельствует о наличии сагиттального дисбаланса. Согласно рекомендованным Schwab et al. [18] поправкам на возраст у пациентов пожилого и старческого возраста, увеличение PT отмечено только у 31 больного 2 подгруппы и у 13 больных 3 подгруппы, что составило всего 40 % от всех пациентов со спондилолистезами.

Таблица 4

Характеристики пациентов в разрезе подгрупп по Barrey

Показатели	Подгруппа пациентов по индексу Barrey		
	1	2	3
Общее количество больных	15	69	26
Соотношение ALIF и LLIF / TLIF (% TLIF)	0/15 (100 %)	16/53 (77 %)	9/17 (65 %)
Значение индекса Barrey	-0,4/-0,3 [-0,5; 0]	0/0 [-0,2; 0,3]	1,2/0,9 [0,7; 1,4]
PI	53,2/54,7 [45,5; 61,3]	57,4/57,1 [50,9; 64,9]	56,3/55 [49,8; 62]
PT	15,8/14,4 [14; 17,7]	23,5/23,9 [19,5; 27,6]	26/23,9 [21,1; 30,6]
LL	57,6/58,4 [47,7; 63,1]	57/56,5 [50,4; 64,6]	47,3/44,9 [40,9; 53,8]
SVA	-14,7/-13,5 [-34,5; -2,2]	2,7/3,5 [-16,5; 25]	77,6/64,5 [47,2; 89,8]
PI-LL	-4,4/-3,8 [-6,8; 0,7]	0,4/1,3 [-7,2; 6,3]	9/8,6 [1,9; 16,2]
LL4-S1	37,3/38,2 [35; 39,2]	31,5/31 [26,3; 35,6]	24,9/24 [18,6; 27,8]
Отклонение от целевого LL4-S1 (количество)	-	58	25

Таблица 5

Показатели PI-LL, PT, SVA пациентов в разрезе групп Barrey с сопоставлением с целевыми значениями

Показатели	Группа пациентов согласно индексу Barrey		
	1	2	3
PI-LL	-4,4/-3,8 [-6,8; 0,7]	0,4/1,3 [-7,2; 6,3]	9/8,6 [1,9; 16,2]
отклонение от норматива (коррекция с учетом возраста)	-12,1/-10,8 [-14,5; -9,2]	-9/-9,6 [-15,2; -3,4]	-0,6/-0,1 [-8,7; 5,7]
количество больных с превышением нормы	0	11	13
PT	15,8/14,4 [14; 17,7]	23,5/23,9 [19,5; 27,6]	26/23,9 [21,1; 30,6]
Норматив PT рассчитан с учетом корректировки на возраст			
отклонение от норматива	-7,5/-7,6 [-8; -6,3]	-0,8/-0,9 [-4,3; 2,9]	1,5/0,2 [-5; 5,8]
количество больных с превышением нормы	0	31	13
Норматив PT рассчитан по формуле $0,44 \times PI - 11,4$			
отклонение от норматива	3,8/3,7 [0,8; 6,4]	9,6/9,9 [5,8; 14,8]	12,6/12,6 [9,9; 16]
количество больных с превышением нормы	13	66	25
SVA	-14,7/-13,5 [-34,5; -2,2]	2,7/3,5 [-16,5; 25]	77,6/64,5 [47,2; 89,8]
отклонение от норматива (коррекция с учетом возраста)	-59,8/-68 [-75; -42,7]	-47,8/-48,6 [-67,7; -28,3]	26,8/10,9 [1; 50,4]
количество больных с превышением нормы	0	3	20

При этом мы не получили статистически значимых различий по степени увеличения PT между больными 2 и 3 подгрупп (p = 0,35), хотя степень выраженности сагиттального дисбаланса значительно выше именно у пациентов 3 подгруппы в соответствии с индексом Barrey. Однако при расчете целевых значений PT, в соответствии с имеющимся у каждого пациента PI по формуле Lu Hues et al. [19], ретроверсия таза как компенсаторный механизм была определена уже у 104 пациентов, что составило 95 %. При этом мы получили статистически значимые различия по степени увеличения PT выше индивидуальных целевых значений между всеми группами: между 1 и 2 подгруппами (p < 0,001), 2 и 3 подгруппами (p = 0,04), 1 и 3 подгруппами (p < 0,001). Средние значения позитивного отклонения SVA также были статистически значимо выше в 3 подгруппе по сравнению с 1 и 2 подгруппами (p < 0,001 для обоих сравнений). Между 1 и 2 подгруппами эта разница не является статистически значимой (p = 0,31).

Характеристика механизмов компенсации сагиттального дисбаланса

Превалирование пациентов со 2 и 3 типом сагиттального дисбаланса по индексу Barrey потребовало уточнения компенсаторных механизмов, позвоночно-тазовых взаимоотношений (табл. 6).

При анализе компенсаторных механизмов установлено, что в большинстве случаев (54 человека – 49 %) имеется сочетание сегментарного дисбаланса на уровне пораженного ПДС в виде снижения LL4–S1 и локального сагиттального дисбаланса – снижение LL ниже целевых индивидуальных значений. При этом основным компенсаторным механизмом на поясничном уровне является

увеличение PT в 95 (86,4 %) случаях. Следовательно, имеющейся ретроверсии таза для большинства этих больных недостаточно, чтобы в полном объеме компенсировать дефицит нижне-поясничного лордоза, что приводит к дефициту общего поясничного лордоза (дефицит LL выявлен у 54 пациентов) и свидетельствует о наличии механизмов компенсации на вышележащих уровнях (например, уменьшение грудного кифоза, увеличение шейного лордоза и др.). Этот факт подлежит дальнейшему изучению и не входил в задачи настоящего исследования. Необходимо отметить, что у 28 пациентов 2 подгруппы компенсаторных механизмов на вышележащих отделах позвоночника (шейный и грудной) оказывается достаточно для сохранения глобального сагиттального баланса тела. Тогда как у подавляющего количества больных 3 подгруппы (22 пациента) их влияния оказывается недостаточно, что свидетельствует уже о наличии глобального сагиттального дисбаланса, поскольку индекс Barrey превышает пороговое значение 0,5.

Основные параметры коррекции сагиттальных модификаторов и показатели опросников VAS и ODI в отдаленном периоде наблюдения представлены в таблице 7. Итоговые значения опросников не имели статистически значимого различия между рассмотренными подгруппами, т.е. удалось «добиться одинаково хорошего клинического результата» у всех категорий больных.

Статистически значимое увеличение нижне-поясничного лордоза отмечено во всех 3 подгруппах пациентов вследствие редукции спондилолистеза и восстановления сегментарного лордоза, статистически значимое увеличение глобального поясничного лордоза (LL) наблюдалось только в 3 подгруппе пациентов.

Таблица 6

Характеристика компенсаторных механизмов в разрезе подгрупп по Barrey

Тип	Итого	1 подгруппа	2 подгруппа	3 подгруппа
Нет механизмов компенсации	15	15		
↓LL4_S1 ↓LL ↑PT	54		32	22
↓LL4_S1 nLL ↑PT	13		11	2
↓LL4_S1 ↑LL ↑PT	9		9	
↓LL4_S1 ↑LL ↑PT	9		8	1
nLL4_S1 ↑LL ↑PT	7		6	1
nLL4_S1 nLL ↑PT	3		3	
ИТОГО	110	15	69	26

Индексы перед показателем означают: ↑ – превышение целевого значения, ↓ – менее целевого значения, n – в пределах нормы

Таблица 7

Динамика параметров сагиттального профиля, опросников VAS и ODI

Показатель	Подгруппа 1		Подгруппа 2		Подгруппа 3	
	д/о	отд. период	д/о	отд. период	д/о	отд. период
VAS LBP	7,3/7 [7; 8]	3,1/3 [2; 3]**	7,4/7 [7; 8]	3/3 [2; 3]**	7,4/7 [7; 8]	3,6/3 [3; 4]**
VAS LP	6,7/7 [5; 8]	2,1/2 [1; 3]**	6,8/7 [6; 8]	2,3/2 [1; 4]**	6,4/6 [6; 7]	2,4/2 [1; 4]**
ODI	62,6/62 [56; 70]	24/22 [19; 28]**	62,6/64 [56; 68]	26/24 [16; 36]**	62,5/64 [55,5; 66,5]	28/24 [18; 38]**
LL	57,6/58,4 [47,7; 63,1]	58,4/58,2 [52; 61,9]	57/56,5 [50,4; 64,6]	58,2/58,6 [52; 65,6]	47,3/44,9 [40,9; 53,8]	53,6/52,9 [51; 57]**
LL4-S1	35,7/37,3 [32; 39]	40,3/40,4 [37,4; 43,2]*	31,5/31 [26,3; 35,6]	35,1/35,3 [30,9; 40,3]**	24,9/24 [18,6; 27,8]	31,1/31,7 [29,2; 33,3]**
PT	15,8/14,4 [14; 17,7]	17,5/17,5 [13,6; 20,2]	23,5/23,9 [19,5; 27,6]	20,1/20 [14,9; 24,1]**	26/23,9 [21,1; 30,6]	21,7/21,2 [17,1; 25]*

Обозначения: д/о – до операции, отд. период – отдаленный период после операции, * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$

При сравнении показателей качества жизни по ODI пациентов с TLIF и ALIF/LLIF мы не получили статистически значимых различий, вне зависимости от исходной степени сагиттального дисбаланса по индексу Barrey (рис. 1). Это свидетельствует об одинаковой клинической эффективности обеих хирургических технологий лечения пациентов старшей возрастной группы с дегенеративным спондилолистезом при дифференцированном их применении.

В соответствии с критериями G.H. Tap (2007 год) по данным РКТ через 24 месяца формирование полноценного костного блока (grade I) было выявлено в 79,1 % случаев (91 пациент), частичный костный блок отмечен у 19 больных (17,3 %), однополярный псевдоартроз без клинических проявлений сформировался у 5 пациентов после TLIF (4,6 %). Необходимости проведения ревизионной операции по поводу клинически значимого псевдоартроза не возникло ни у одного из пациентов анализируемой когорты.

Осложнения

Общее количество осложнений в исследуемой когорте составило 65 (59 %), при этом у пациентов после TLIF их количество значительно больше 59 (69 %), по сравнению с больными, перенесшими ALIF/LLIF – 6 (24 %). Выявленные осложнения в соответствии с критериями классификации Dindo-Clavien (2004 г.),

валидизированной для хирургии поясничного отдела позвоночника [42], представлены в таблице 8.

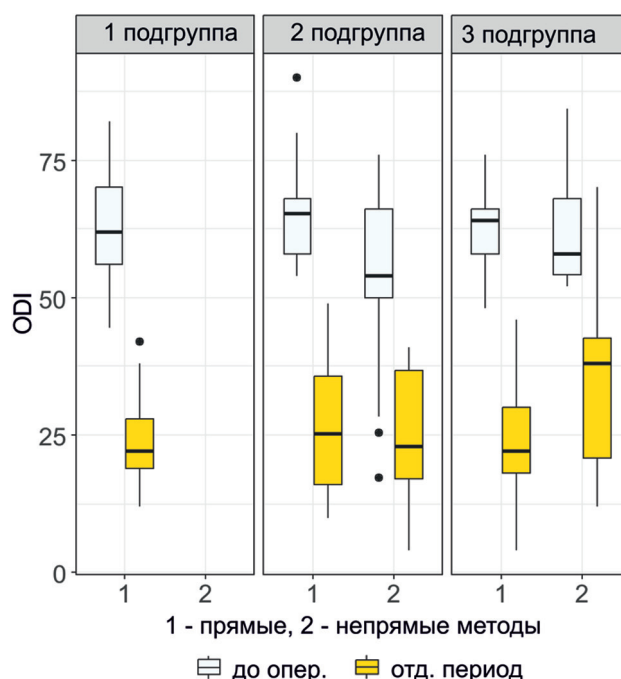


Рис. 1. Динамика ODI до операции и в отдаленном периоде

Таблица 8

Выявленные осложнения в соответствии с критериями классификации Dindo-Clavien (2004 г.)

Группа	Вид осложнения	TLIF (n = 85)	ALIF (n = 12)	LLIF (n = 13)	ИТОГО (n = 110)
I	Повреждение ТМО (без ликвореи после операции)	5			5
	Повреждение замыкательной пластинки (ПЗП)	6	1	1	8
	Латеральная мальпозиция винтов 1 и 2 степени по Rao	20		1	21
	Кровопотеря 500 мл и более	11			11
II	Мочевая инфекция (МИ)	1	1		2
	Эпидуральная гематома	1			1
	Поверхностная ИОХВ	5			5
	Фармакорезистентный нейропатический болевой синдром	2		1	3
	Нарастание неврологического дефицита	1		1	2
	Кровопотеря 500 мл и более с гемотрансфузией	2			2
III В	Несостоятельность металлоконструкции	1			1
	Инфекция области хирургического вмешательства	2			2
	Интраканальная мальпозиция винта 3 степени по Rao	2			2
ИТОГО		59 (69 %)	2 (17 %)	4 (31 %)	65 (59 %)

ОБСУЖДЕНИЕ

Какая классификация дегенеративных спондилолистезов является оптимальной?

Ключевым фактором для выбора тактики хирургической реконструкции является необходимость реконструкции сагиттального баланса. С. Varrey с соавторами [17] обосновали выделение трех типов параметров сагиттального профиля у пациентов с дегенеративными спондилолистезами. Эта классификация показала хорошее внутриэкспертное соглашение при дегенеративном спондилолистезе у взрослых с точки зрения выбора дифференцированной тактики лечения, в том числе и с имеющейся зоной спондилолиза [11, 43–45].

В данной работе выявлено превалирование пациентов со 2 и 3 типом сагиттального дисбаланса по индексу Varrey. Важность реконструкции сагиттального профиля в целом подтверждается динамикой показателей качества жизни пациентов по ODI, при этом анализ применения опций TLIF и ALIF/LLIF не показал статистически значимых различий.

Насколько важна оценка сагиттального баланса с поправкой на возраст для планирования хирургической реконструкции этих целевых показателей?

Подтверждено, что целевыми параметрами являются показатели PT, LL, LL4-S1, SVA. При оценке валидности формул расчета PI, LL, PT и L4S1 показана высокая значимость показателя «PT без поправки на возраст». Однако при оценке возрастной значимости PT по Schwab et al. [18] и по формуле Lu Hues et al. [19] степень выраженности сагиттального дисбаланса с поправками на возраст была статистически различна.

Необходимо ли восстанавливать локальный сагиттальный баланс?

В нашем исследовании установлено, что 86,4 % пациентов старшей возрастной группы с дегенеративным спондилолистезом имеют нарушения позвоночно-тазовых взаимоотношений. Чаще всего это выражается увеличением PT, дефицитом нижне-поясничного лордоза (69 %), снижением глобального поясничного лордоза (46 %) и компенсаторным отклонением таза кзади. В отдаленном периоде статистически значимое увеличение нижне-поясничного лордоза отмечено во всех трех подгруппах пациентов вследствие редукции спондилолистеза и восстановления сегментарного лордоза. В работе показано статистически значимое уменьшение ретроверсии таза (PT) у больных 2 и 3 подгрупп в отдаленном периоде наблюдения, поскольку этот сагиттальный модификатор характеризует возможность компенсации сагиттального дисбаланса на поясничном уровне и коррелирует с показателями качества жизни [18].

Где грань между улучшением качества жизни и риском оперативного лечения у пациентов пожилого и старческого возраста?

Ряд проведенных исследований [3, 6, 8, 46] показал, что оперативное лечение дегенеративного спондилолистеза у лиц пожилого и старческого возраста более эффективно, чем консервативная терапия. Хирургическое вмешательство с использованием современных MIS - технологий в настоящее время относительно безопасно даже

на крайних этапах жизни [5, 7, 47–51]. Nikhil et al. в своём исследовании сравнили двухлетние клинические и рентгенологические результаты после MIS TLIF по поводу дегенеративного спондилолистеза среди трех возрастных групп: молодого (до 50 лет), среднего (50–65 лет) и пожилого возраста (> 65 лет). Исследователи пришли к выводу, что MIS у пожилых пациентов может привести к сопоставимым результатам без увеличения риска осложнений по сравнению с группой молодых пациентов [47]. При хирургическом лечении спондилолистеза по методике LLIF отмечается снижение боли до 80 %, снижение степени трансляции на 75 % [7, 38, 52]. Cassinelli et al. установили, что пожилой возраст и наличие сопутствующих заболеваний не увеличивают частоту осложнений при декомпрессионно-стабилизирующих операциях по методике MIS [6].

В исследовании Willhuber et al. [30] общее количество осложнений в интервале 90 дней после операции на позвоночнике составило 28,8 %, из которых 5,7 % были отнесены к типу III A и 37,3 % к типу III B по классификации Dindo-Clavien, т.е. нуждались в ревизионном вмешательстве.

В нашей когорте общий показатель осложнений составил 59,1 % (65 случаев), из которых к типу III B относились всего 3,6 % (4 случая). При этом не отмечено ни одного летального исхода и случая глубокой инфекции области хирургического вмешательства, несмотря на наличие ожирения (97,3 %) и сопутствующей соматической патологии у всех пациентов.

Позволяет ли непрямая декомпрессия купировать неврологические проявления?

В случаях клинически значимого стеноза позвоночного канала, обусловленного компрессией преимущественно задними элементами (гипертрофированными фасеточными суставами, желтой связкой, синовиальной кистой), установка межтелового имплантата по методике LLIF из бокового доступа не позволяет восстановить достаточный объём позвоночного канала для купирования неврологических проявлений [52]. При наличии клинически значимого латерального стеноза по критериям Marnett et al. [24], степени выраженности центрального стеноза C или D по классификации Schizas, фораминальном стенозе IV степени по Lee методом выбора является прямая микрохирургическая декомпрессия с применением межтелового спондилолеза по методу TLIF.

В работе показано, что ключевым аспектом является дифференцированное применение технологий прямой и непрямой декомпрессии у пациентов старшей возрастной группы с дегенеративным спондилолистезом. Независимо от степени выраженности исходного сагиттального дисбаланса при обоих хирургических подходах отмечена положительная динамика в виде уменьшения показателей боли в спине и нижних конечностях, что обеспечило улучшение показателей качества жизни по ODI. Нами не отмечено статистически значимых различий показателей качества жизни по ODI пациентов с TLIF и ALIF/LLIF, а количество осложнений статистически было значимо ниже при использовании прямых методов декомпрессии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Ключевым фактором планирования объема вмешательства при дегенеративном спондилолистезе является выделение доминирующего клинικο-лучевого

синдрома как основного критерия, определяющего результат лечения и качество жизни.

2. При выборе метода оперативного лечения у па-

циентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным спондилолистезом низкой степени градации на этапе предоперационного планирования необходимо проводить детальную оценку клинических и рентгенологических критериев, поскольку у 84 % больных основными факторами, снижающим качество жизни, являются компрессия корешков конского хвоста и клиническая нестабильность ПДС, а у 86 % имеются рентгенологические признаки сагиттального дисбаланса поясничного отдела позвоночника.

3. Дифференцированное использование хирургических технологий и MIS опций является методом выбора

у пациентов пожилого и старческого возраста, учитывая коморбидный профиль. Пациенты с компенсированным сагиттальным балансом нуждаются в прямой декомпрессии структур позвоночного канала, редукции и стабилизации дегенеративного спондилолистеза из заднего доступа. У пациентов с нарушенным позвоночно-тазовым балансом лечение должно быть направлено на редукцию и восстановление сегментарного лордоза путем применения лордозированных имплантатов. Лучшие показатели коррекции с минимальным количеством осложнений и хорошими отдаленными клиническими исходами достигаются при использовании MIS-техник ALIF и LLIF.

ЛИТЕРАТУРА

1. Degenerative Lumbar Spine Disease: Estimating Global Incidence and Worldwide Volume / V.M. Ravindra, S.S. Senglaub, A. Rattani, M.C. Dewan, R. Härtl, E. Bisson, K.B. Park, M.G. Shrime // *Global Spine J.* 2018. Vol. 8, No 8. P. 784-794. DOI: 10.1177/2192568218770769
2. Health-related quality of life after posterolateral lumbar arthrodesis in patients seventy-five years of age and older / C.H. Crawford 3rd, J. Smail, L.Y. Carreon, S.D. Glassman // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2011. Vol. 36, No 13. P. 1065-1068. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e8afa0
3. Káplár Z., Wáng Y.X. South Korean degenerative spondylolisthesis patients had surgical treatment at earlier age than Japanese, American, and European patients: a published literature observation // *Quant. Imaging Med. Surg.* 2016. Vol. 6, No 6. P. 785-790. DOI: 10.21037/qims.2016.11.06
4. Restoration of lumbar lordosis after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a systematic review / B.B. Carlson, P. Saville, J. Dowdell, R. Goto, A. Vaishnav, C.H. Gang, S. McAnany, T.J. Albert, S. Qureshi // *Spine J.* 2019. Vol. 19, No 5. P. 951-958. DOI: 10.1016/j.spinee.2018.10.017
5. DeWald C.J., Stanley T. Instrumentation-related complications of multilevel fusions for adult spinal deformity patients over age 65 // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2006. Vol. 31, No 19 Suppl. P. S144-S151. DOI: 10.1097/01.brs.0000236893.65878.39
6. Risk factors for the development of perioperative complications in elderly patients undergoing lumbar decompression and arthrodesis for spinal stenosis: an analysis of 166 patients / E.H. Cassinelli, J. Eubanks, M. Vogt, C. Furey, J. Yoo, H.H. Bohlman // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2007. Vol. 32, No 2. P. 230-235. DOI: 10.1097/01.brs.0000251918.19508.b3
7. Применение технологии LLIF у пациентов с дегенеративным сколиозом поясничного отдела позвоночника: анализ ретроспективной когорты и обзор литературы / В.С. Климов, И.И. Василенко, А.В. Евсюков, Р.В. Халепя, Е.В. Амелина, С.О. Рябых, Д.А. Рзаев // *Гений ортопедии*. 2018. Т. 24, № 3. С. 393-403.
8. Teng I., Han J., Mobbs R. A meta-analysis comparing ALIF, PLIF, TLIF and LLIF // *J. Clin. Neurosci.* 2017. Vol. 44. P. 11-17. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.06.013
9. 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
10. Labelle H., Mac-Thiong J.M., Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification // *Eur. Spine J.* 2011. Vol. 20, No Suppl. 5. P. 641-646. DOI: 10.1007/s00586-011-1932-1
11. Marchetti P.C., Bartolozzi P. Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. In: *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd Ed. / K.H. Bridwell, R.L. DeWald, K.W. Hammerberg et al., eds. Philadelphia: Lippincott-Raven. 1997. pp. 1211-1254.
12. White A.A. III, Panjabi M.M. *Clinical Biomechanics of the Spine*. 2nd Ed. Philadelphia, Lippincott: Williams and Wilkins. 1990. 752 p.
13. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short-Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP) / G.A. Hawker, S. Mian, T. Kendzerska, M. French // *Arthritis Care Res. (Hoboken)*. 2011. Vol. 63, No Suppl. 11. P. S240-S252. DOI: 10.1002/acr.20543
14. Fairbank J.C., Pynsent P.B. The Oswestry Disability Index // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2000. Vol. 25, No 22. P. 2940-2952. DOI: 10.1097/00007632-200011150-00017
15. Meyerding H.W. Spondylolisthesis // *Surgery, Gynecology & Obstetrics*. 1932. Vol. 54. P. 371-377.
16. Evidence showing the relationship between sagittal balance and clinical outcomes in surgical treatment of degenerative spinal diseases: a literature review / J.C. Le Huec, A. Faundez, D. Dominguez, P. Hoffmeyer, S. Aunoble // *Int. Orthop.* 2015. Vol. 39, No 1. P. 87-95. DOI: 10.1007/s00264-014-2516-6
17. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine / C. Barrey, P. Roussouly, J.C. Le Huec, G. D'Acunzi, G. Perrin // *Eur. Spine J.* 2013. Vol. 22, No Suppl. 6. P. S834-S841. DOI: 10.1007/s00586-013-3030-z
18. Does One Size Fit All? Defining Spinopelvic Alignment Thresholds Based on Age: Conference: NASS 29th Annual Meeting / F.J. Schwab, B. Liabaud, B.G. Diebo, J.S. Smith, R.A. Hostin, C.I. Shaffrey, O. Boachie-Adjei, C.P. Ames, B. Douglas, S. Bess, M. Gupta, T.S. Protopsaltis, V. Lafage, ISSG // *Spine J.* 2014. Vol. 14, No 11. P. S120-S121. DOI: 10.1016/j.spinee.2014.08.299
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. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position / P. Roussouly, S. Gollogly, E. Berthonnaud, J. Dimnet // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2005. Vol. 30, No 3. P. 346-353. DOI: 10.1097/01.brs.0000152379.54463.65
21. Roussouly P., Pinheiro-Franco J.L. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach // *Eur. Spine J.* 2011. Vol. 20, No Suppl. 5. P. 578-585. DOI: 10.1007/s00586-011-1924-1
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 (Phila. Pa. 1976)*. 2003. Vol. 28, No 22. P. 2527-2530. DOI: 10.1097/01.BRS.0000092341.56793.F1
23. CT-based classification of long spinal allograft fusion / G.H. Tan, B.G. Goss, P.J. Thorpe, R.P. Williams // *Eur. Spine J.* 2007. Vol. 16, No 11. P. 1875-1881. DOI: 10.1007/s00586-007-0376-0
24. Radiologic criteria for the diagnosis of spinal stenosis: results of a Delphi survey / N. Mamisch, M. Brumann, J. Hodler, U. Held, F. Brunner, J. Steurer; Lumbar Spinal Stenosis Outcome Study Working Group Zurich // *Radiology*. 2012. Vol. 264, No 1. P. 174-179. DOI: 10.1148/radiol.12111930
25. 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, No 1. P. 175. DOI: 10.1186/1471-2474-12-175
26. Hughes A., Makarov S.K., Osadchiv V. Measuring spinal canal size in lumbar spinal stenosis: description of method and preliminary results // *Int. J. Spine Surg.* 2015. Vol. 9. P. 3. DOI: 10.14444/2008
27. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images / C. Schizas, N. Theumann, A. Burn, R. Tansey, D. Wardlaw, F.W. Smith, G. Kulik // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2010. Vol. 35, No 21. P. 1919-1924. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181d559bd
28. A practical MRI grading system for lumbar foraminal stenosis / S. Lee, J.W. Lee, J.S. Yeom, K.J. Kim, H.J. Kim, S.K. Chung, H.S. Kang // *AJR Am. J. Roentgenol.* 2010. Vol. 194, No 4. P. 1095-1098. DOI: 10.2214/AJR.09.2772

29. Dindo D., Clavien P.A. What is a surgical complication? // *World J. Surg.* 2008. Vol. 32, No 6. P. 939-941. DOI: 10.1007/s00268-008-9584-y
30. Camino Willhuber G., Elizondo C., Slullitel P. Analysis of Postoperative Complications in Spinal Surgery, Hospital Length of Stay, and Unplanned Readmission: Application of Dindo-Clavien Classification to Spine Surgery // *Global Spine J.* 2019. Vol. 9, No 3. P. 279-286. DOI: 10.1177/2192568218792053
31. Harms J., Rolinger H. Die operative Behandlung der Spondylolisthese durch dorsale Aufrichtung und ventrale Verblockung // *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.* 1982. Vol. 120, No 3. P. 343-347. DOI: 10.1055/s-2008-1051624
32. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine / K.T. Foley, S.K. Gupta, J.R. Justis, M.C. Sherman // *Neurosurg. Focus.* 2001. Vol. 10, No 4. P. E10. DOI: 10.3171/foc.2001.10.4.11
33. Fasset D.R., Brodke D.S. Percutaneous lumbar pedicle screw // *Minimally invasive spine surgery.* Vaccaro A.R., Bono C.M. (eds). New York: Marcel-Decker. 2007. P. 229-237.
34. Smith Z.A., Asgarzadeh F., Khoo, L.T. Minimally Invasive Spinal Surgery (MISS) Techniques for the Decompression of Lumbar Spinal Stenosis. // *The Comprehensive Treatment of the Aging Spine.* Elsevier Inc. 2011. P. 388-395. DOI: 10.1016/B978-1-4377-0373-3.10059-4
35. Palmer S., Turner R., Palmer R. Bilateral decompression of lumbar spinal stenosis involving a unilateral approach with microscope and tubular retractor system // *J. Neurosurg.* 2002. Vol. 97, No 2 Suppl. P. 213-217. DOI: 10.3171/spi.2002.97.2.0213
36. Хирургия дегенеративных поражений позвоночника : нац. рук. / под ред. А.О. Гуши, Н.А. Коновалова, А.А. Гриня. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. С. 86.
37. 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
38. Stand-alone lateral interbody fusion for the treatment of low-grade degenerative spondylolisthesis / L. Marchi, N. Abdala, L. Oliveira, R. Amaral, E. Coutinho, L. Pimenta // *Sci. World J.* 2012. Vol. 2012. P. 45634. DOI: 10.1100/2012/456346
39. Mayer H.M., Heider F. Selektive, mikrochirurgische „Cross-over“-Dekompression mehrsegmentaler lumbaler Spinalstenosen: Die "Slalom"-Technik // *Oper. Orthop. Traumatol.* 2013. Vol. 25, No 1. P. 47-62. DOI: 10.1007/s00064-012-0196-1
40. 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. 435-445. DOI: 10.1016/j.spinee.2005.08.012
41. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2018. URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения 28.06.2020)
42. Validating a therapy-oriented complication grading system in lumbar spine surgery: a prospective population-based study / D. Bellut, J.K. Burkhardt, D. Schultze, H.J. Ginsberg, L. Regli, J. Sarnthein // *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7, No 1. P. 11752. DOI: 10.1038/s41598-017-12038-7
43. Lamartina C., Berjano P. Classification of sagittal imbalance based on spinal alignment and compensatory mechanisms // *Eur. Spine J.* 2014. Vol. 23, No 6. P. 1177-1189. DOI: 10.1007/s00586-014-3227-9
44. Sagittal balance of the spine / J.C. Le Huec, W. Thompson, Y. Mohsinaly, C. Barrey, A. Faundez // *Eur. Spine J.* 2019. Vol. 28, No 9. P. 1889-1905. DOI: 10.1007/s00586-019-06083-1
45. Hammerberg K.W. New Concepts on the pathogenesis and classification of spondylolisthesis // *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2005. Vol. 30, No 6 Suppl. P. S4-S11. DOI: 10.1097/01.brs.0000155576.62159.1c
46. A radiographic assessment of the ability of the extreme lateral interbody fusion procedure to indirectly decompress the neural elements / L. Oliveira, L. Marchi, E. Coutinho, L. Pimenta // *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2010. Vol. 35, No 26 Suppl. P. S331-S337. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182022db0
47. Elderly Patients Achieving Clinical and Radiological Outcomes Comparable with Those of Younger Patients Following Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion / N.J. Nikhil, J.W. Lim, W. Yeo, W.M. Yue // *Asian Spine J.* 2017. Vol. 11, No 2. P. 230-242. DOI: 10.4184/asj.2017.11.2.230
48. Reoperation rate and risk factors of elective spinal surgery for degenerative spondylolisthesis: minimum 5-year follow-up / S. Sato, M. Yagi, M. Machida, A. Yasuda, T. Konomi, A. Miyake, K. Fujiyoshi, S. Kaneko, M. Takemitsu, M. Machida, Y. Yato, T. Asazuma // *Spine J.* 2015. Vol. 15, No 7. P. 1536-1544. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.02.009
49. Instrumented fusion surgery in elderly patients (over 75 years old): clinical and radiological results in a series of 53 patients / F. Costa, A. Ortolina, M. Tomei, A. Cardia, E. Zekay, M. Fornari // *Eur. Spine J.* 2013. Vol. 22, No Suppl. 6. P. S910-S913. DOI: 10.1007/s00586-013-3021-0
50. Karikari I.O., Isaacs R.E. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a review of techniques and outcomes // *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2010. Vol. 35, No 26 Suppl. P. S294-S301. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182022ddc
51. Lee P., Fessler R.G. Perioperative and postoperative complications of single-level minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in elderly adults // *J. Clin. Neurosci.* 2012. Vol. 19, No 1. P. 111-114. DOI: 10.1016/j.jocn.2011.09.005
52. 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. Cammisia, F. Girardi // *J. Spinal Disord. Tech.* 2015. Vol. 28, No 4. P. 119-125. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182706ce7

Рукопись поступила 20.07.2020

Сведения об авторах:

1. Климов Владимир Сергеевич, к. м. н.,
ФГБУ "ФЦН" Минздрава России, г. Новосибирск, Россия,
ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
2. Василенко Иван Игоревич,
ФГБУ "ФЦН" Минздрава России, г. Новосибирск, Россия,
НИИКЭЛ – филиал ФИЦ ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия
3. Рябых Сергей Олегович, д. м. н.,
ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава
России, г. Курган, Россия,
Email: rso_@mail.ru
4. Амелина Евгения Валерьевна,
Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,
Россия
5. Булатов Александр Васильевич,
ФГБУ "ФЦН" Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
6. Евсюков Алексей Владимирович,
ФГБУ "ФЦН" Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

Information about the authors:

1. Vladimir S. Klimov, M.D., Ph.D.,
Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation,
Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russian Federation
2. Ivan I. Vasilenko, M.D.,
Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation,
Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology —
Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of
Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation
3. Sergey O. Ryabykh, M.D., Ph.D.,
Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and
Orthopedics, Kurgan, Russian Federation,
Email: rso_@mail.ru
4. Evgeniya V. Amelina, M.D.,
Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation
5. Alexey V. Bulatov, M.D.,
Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation
6. Alexander V. Yevsyukov, M.D.,
Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation