



КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СПОНДИЛОЛИЗНЫМ СПОНДИЛОЛИСТЕЗОМ

Ю. Ю. Поляков¹, Ш. Ш. Магомедов¹, Д. А. Пташников^{1,2},
Р. М. Шарифов¹, К. В. Жданович³

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. Р. Р. Вредена» МЗ РФ, Санкт-Петербург,

²ФГБОУ «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова»
МЗ РФ, Санкт-Петербург,

³ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» МЗ РФ,
Санкт-Петербург

РЕЗЮМЕ. Показатели коксо-verteбрального комплекса являются определяющими ориентацию таза в сагиттальной плоскости, и правильное их соотношение является тем фактором, который отображает пространственное положение таза и позвоночного столба при вертикализации тела. Нами проведена оценка изменений данных параметров позвоночно-тазового баланса у пациентов со спондилолистезами разных степеней смещения.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. Анализ клиничко-рентгенологических результатов хирургического лечения пациентов со спондилолизным спондилолистезом L5 позвонка и позвоночно-тазовым дисбалансом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В ходе исследования проанализированы результаты хирургического лечения 320 пациентов (146 мужчин со средним возрастом 52.4 года, 174 женщин со средним возрастом 55.8 лет) со спондилолизным спондилолистезом L5 позвонка, прооперированных в период с 2016–2020 гг. методом репозиционно-стабилизирующего спондилосинтеза с имплантацией транспедикулярных винтов и формированием межтелового спондилосинтеза путем имплантации кейджа, заполненным аутокостью. Сложности при полной редукции L5 позвонка решались путем угловой остеотомии S1 позвонка. Пациенты были распределены по группам в зависимости от классификации J. M. Mac-Thiong, H. Labelle и Meyerdling H. W. Проводилась оценка болевого синдрома по ВАШ, степени нарушения жизнедеятельности по опроснику Освестри в дооперационный и послеоперационный периоды, удовлетворенности результатами хирургического лечения по субъективной шкале MacNab в послеоперационный период. Измерение параметров позвоночно-тазового баланса выполнялось с использованием стандартного инструментария в просмотрщиках RadiAnt DICOM Viewer и WEASIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ. При редукции L5 позвонка после хирургического лечения прослеживается изменение наклона крестца (SS), коррекция глобального поясничного лордоза (GLL) и изменение показателей отклонения таза от вертикали (PT). Изменение наклона таза (PI) после устранения спондилолистеза путем редукции L5 позвонка, связано с остеотомией крестца и изменением наклона верхней замыкательной пластины. Стремление к полной редукции смещенного позвонка и приведение коксо-verteбральных показателей к норме, позволило добиться значимого уменьшения болевого синдрома в пояснице и нижних конечностях по ВАШ и улучшения качества жизнедеятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Хирургическое лечение пациентов со спондилолизным спондилолистезом L5 позвонка приводит к приближению коксо-verteбральных параметров к норме, тем самым, позволяя выполнить коррекцию сагиттального баланса и уменьшить «механический конфликт» между позвоночником и тазом, что позволяет добиться улучшения клинических исходов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Сагиттальный баланс, спондилолизный спондилолистез, позвоночно-тазовый дисбаланс, позвоночно-тазовые параметры, поясничный лордоз, наклон крестца, наклон таза, отклонение таза от вертикали.

Для цитирования: Поляков Ю. Ю., Магомедов Ш. Ш., Пташников Д. А., Шарифов Р. М., Жданович К. В., Клиничко-рентгенологические результаты лечения пациентов со спондилолизным спондилолистезом. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2022;14(4):71–77. DOI 10.56618/20712693_2022_14_4_71

CLINICAL AND RADIOLOGICAL OUTCOMES OF TREATMENT OF PATIENTS
WITH SPONDYLOLYSIS SPONDYLOLISTHESISY.Y. Polyakov¹, S.S. Magomedov¹, D.A. Ptashnikov^{1,2}, R.M. Sharifov¹, K.V. Zhdanovich³¹National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. R.R. Vreden, St. Petersburg,²North-Western State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, St. Petersburg,³Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg

SUMMARY. Indicators of the coxo-vertebral complex determine the orientation of the pelvis in the sagittal plane, and their correct ratio is the factor that reflects the spatial position of the pelvis and spinal column during the verticalization of the body. We have evaluated changes in these parameters of the spinal-pelvic balance in patients with spondylolisthesis of various degrees of displacement.

PURPOSE OF THE STUDY. Analysis of clinical and radiological results of surgical treatment of patients with spondylolytic spondylolisthesis of the L5 vertebra and spino-pelvic imbalance.

MATERIALS AND METHODS. The study analyzed the results of surgical treatment of 320 patients (146 men with an average age of 52.4 years, 174 women with an average age of 55.8 years) with spondylolytic spondylolisthesis of the L5 vertebra, who undergone operation in the period 2016–2020., using the method of repositioning-stabilizing spondylosynthesis with implantation of transpedicular screws and the formation of interbody fusion by implantation of a cage filled with autologous bone. Difficulties with the complete removal of the L5 vertebra were solved using angular osteotomy of the S1 vertebra. The patients were divided into groups depending on the classification of J.M. Mac-Thiong, H. Labelle and Meyerding H.W. The pain syndrome was assessed according to the VAS, by the degree of dysfunction according to the Oswestry questionnaire in the presurgery and postsurgery examinations, the result of surgical treatment were assessed according to the MacNab subjective scale in the postsurgery examination. Measurement of the parameters of the spinal pelvic balance was performed using standard tools in the RadiAnt DICOM Viewer and WEASIS.

RESULTS. After surgical treatment, there is a decrease in sacral slope (SS), correction of global lumbar lordosis (GLL), and a decrease in the indices of pelvic tilt (PT) with reduction of the L5 vertebra. Changes in pelvic incidence (PI) after elimination of spondylolisthesis by reduction of the L5 vertebra is associated with sacral osteotomy and a change in the inclination of the upper endplate. Striving for a complete reduction of the displaced vertebra and bringing the coxovertebral indicators to normal, made it possible to achieve a significant reduction in pain in the lower back and lower extremities and improve the quality of life.

CONCLUSION. Surgical treatment of patients with spondylolytic spondylolisthesis of the L5 vertebra brings the coxo-vertebral parameters closer to normal, thereby making it possible to correct the sagittal balance and reduce the “mechanical conflict” between the spine and the pelvis.

KEY WORDS. Sagittal balance, spondylolysis spondylolisthesis, spino-pelvic imbalance, spino-pelvic parameters, lumbar lordosis, sacral slope, pelvic incidence, pelvic deviation from the vertical.

For citation: Polyakov Y.Y., Magomedov S.S., Ptashnikov D.A., Sharifov R.M., Zhdanovich K.V. Clinical and radiological outcomes of treatment of patients with spondylolysis spondylolisthesis. *Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A.L. Polenova*. 2022;14(4):71–77. DOI 10.56618/20712693_2022_14_4_71

Введение.

У взрослого населения смещение позвонка с неврологической симптоматикой и без нее является одной из наиболее частых причин инвалидизирующей поясничной боли [1]. В связи с особенностями биомеханики пояснично-крестцового сочленения, унилатеральный или билатеральный дефект в межсуставной части дуги чаще встречается на уровне L5 позвонка [2–4]. По мнению Продан А.И., ключевую роль в генезе диспластического спондилолистеза играют сагиттальный позвоночно-тазовый дисбаланс и дисплазия люмбосакрального сегмента [5]. Биомеханически, прогрессирование смещения при спондилолистезе зависит от величины сдвиговой составляющей гравитационной силы, действующей на L5 позвонок, и от неспособности опорных элементов люмбосакрального сегмента противостоять этим силам, вследствие их дисплазии и дегенерации [6]. Риск прогрессирования и тяжесть спонди-

лолистеза тем больше, чем выше тяжесть дисплазии и больше сдвиговые нагрузки, которые в свою очередь зависят от состояния позвоночно-тазового баланса [7, 8]. По мнению ряда авторов, измерение наклона таза относительно головок бедер (PI) следует считать константной величиной, характеризующей анатомию таза, а наклон крестца (SS), отклонение таза от вертикали (PT) — переменными величинами. В качестве величин, характеризующих центрирование позвоночника, используют кривизну поясничного лордоза (GLL) и грудной кифоз (ТК) [9, 10]. Величина GLL увеличивается по мере возрастания наклона таза. Значения PI, SS, GLL, PT значительно выше у пациентов со спондилолистезом L5 позвонка, что позволяет предположить, что анатомия таза оказывает прямое влияние на прогрессирование спондилолистеза [11–14]. М.Т. Hresko с соавторами проанализировали показатели сагиттального баланса и отклонения таза от вертикальной линии при спон-

дилолистезах L5 позвонка, разделив пациентов на 2 группы: 1-ая группа «сбалансированная» — показатели значений PT, SS в пределах нормы с высокими значениями PI; 2-ая группа «не сбалансированная», которая характеризовалась высоким PT и низким SS. По результатам хирургического лечения патологии позвоночно-тазового отдела, при сбалансированных показателях PT, SS, коррекцию спондилолистеза авторы не выполняют и ограничиваются стабилизацией сегмента [15, 16]. Широко признанным золотым стандартом хирургического лечения истмических спондилолистезов является стабилизация сегмента. [17]. Стратегия хирургической тактики должна быть направлена на восстановление физиологического позвоночно-тазового баланса, который определяется не только коррекцией нестабильности, но и снижением PT, что является лучшим показателем стабильности таза [18]. Таким образом, исследования направленные на проведение изучения параметров коррекции нестабильности смещенного L5 позвонка, позвоночно-тазового баланса в аспекте коксовертебрального комплекса являются очень важными в вертебологии и ортопедии.

Цель. Анализ клинико-рентгенологических результатов хирургического лечения пациентов со спондилолизным спондилолистезом L5 позвонка и позвоночно-тазовым дисбалансом.

Материалы и методы.

В НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена на отделениях хирургии позвоночника с 2016 по 2020 г.г. прооперированы 320 пациентов со спондилолизным спондилолистезом L5 позвонка. Среди них мужчин— 146 (n=146) со средним возрастом 52.4 года, женщин 174 (n=174) со средним возрастом 55.8 лет. В нашем исследовании использовали классификацию Marchetti– Bartolozzi, дополненную J. M. Mac-Thiong и H. Labelle в 2006 году с учетом состояния сагиттального позвоночно-тазового баланса [19, 20, 21] и классификацию Meyerding H. W. по степени смещения. Классификация диспластических спондилолистезов по J. M. Mac-Thiong и H. Labelle. В исследование вошли 110 пациентов с малостепенным/низкодиспластическим спондилолистезом, 52 пациента с малостепенным/высокодиспластическим, 97 пациентов с высокостепенным/ низкодиспластическим спондилолистезом, 43 пациента с высокостепенным/высокодиспластическим и 18 пациентов со спондилоптозом L5 позвонка. Из них линейное смещение отмечалось в 276 случаях, угловое смещение в 44.

Критериями отбора пациентов послужили: наличие смещения L5 позвонка, подтвержденного данными рентгенологического исследования с функциональными пробами; симптоматическое течение заболевания (наличие неврологического дефицита, вертеброгенный болевой синдром, снижение качества жизни, инвалидизация пациента).

Критериями исключения являлись: выраженная сопутствующая патология; бессимптомное течение заболевания; ранее оперированные пациенты.

Методы исследования:

- 1) Клинический (неврологический осмотр, ортопедический осмотр);
- 2) Лучевая диагностика:
 - рентгенологический метод;
 - магнитно-резонансная томография;
 - компьютерная томография;
- 3) Электронейромиография;
- 4) Инструментальный (применение угломера для определения объема движений, сантиметровая линейка для измерения длины конечностей. Измерение углов перегиба и наклона таза с использованием стандартного инструментария в просмотрщиках RadiAnt DICOM Viewer и WEASIS).

Всем пациентам до операции, через 10 дней и через год после хирургического лечения произведена оценка степени нарушения жизнедеятельности по опроснику Освестри и болевого синдрома в пояснице и нижних конечностях по ВАШ. Оценка удовлетворенности результатами хирургического лечения в раннем послеоперационном периоде произведена по субъективной шкале Macnab [41].

Всем пациентам, включенным в исследование, проведен репозиционно-стабилизирующий спондилосинтез с имплантацией транспедикулярных винтов и формированием межтелового спондилодеза имплантацией межтелового кейджа, заполненного аутокостью.

Принимая во внимание опыт отечественных и зарубежных коллег, в нашем исследовании предоперационное планирование выполнялось всем пациентам. Производился расчет смещения L5 позвонка и коксовертебральных показателей: PI (наклон таза относительно головок бедренных костей), PT (отклонение таза от вертикали), SS (наклон крестца), GLL (общий поясничный лордоз), SVA (отклонение от линии отвеса) (Рисунок 1).

Возникающие сложности при полной редукции L5 позвонка из-за деформации и изменения верхней замыкательной пластины S1 позвонка решались путем угловой остеотомии S1 позвонка. Это позволяло адекватно произвести полную редукцию смещенного позвонка. В случаях, когда мы встречались с высокодиспластическим спондилолистезом с гипо — или аплазией ножек L5 позвонка, нами выполнялся спондилосинтез с включением вышележащего позвонка и подвздошных костей таза (Рисунок 2).

Результаты и их обсуждение.

Показатели PT, SS, PI, GLL, SVA являются определяющими ориентацию таза в сагиттальной плоскости, и правильное их соотношение является тем фактором, который отображает пространственное положение таза и позвоночного столба при вертикализации тела. Следовательно, нами проведена оценка изменений данных параметров позвоночно-тазового баланса у пациентов со спондилолистезами разных степеней смещения, представленная в таблице 1.

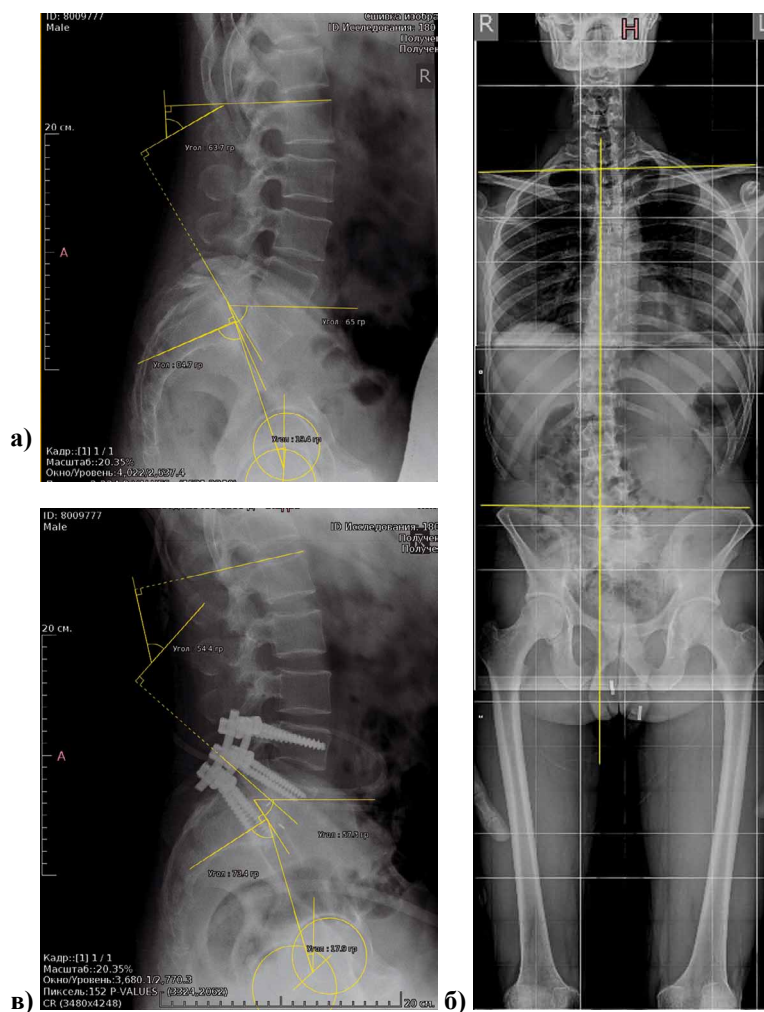


Рисунок 1. Измерение углов коксо-вертебрального комплекса.

а — в сагиттальной плоскости до операции;
б — во фронтальной плоскости до операции;
в — измерение углов коксо-вертебрального комплекса после операции.

Figure 1. Measurement of the angles of the coxo-vertebral complex.

(A) In the sagittal plane before surgery;

(B) In the frontal plane before surgery;

(C) Measurement of the angles of the coxo-vertebral complex after surgery.

Таблица 1. Изменение параметров сагиттального баланса до и после хирургического лечения.

Table 1. Changes in sagittal balance parameters before and after surgical treatment.

Степень смещения по Meyerding	I	II	III	IV	Птоз
PI/до	$56^{\circ} \pm 8^{\circ}$	$69,7^{\circ} \pm 27^{\circ}$	$78,1^{\circ} \pm 10^{\circ}$	$72,75^{\circ} \pm 5^{\circ}$	$84,2^{\circ} \pm 7^{\circ}$
PI/после	$55,5^{\circ} \pm 8^{\circ}$	$62,4^{\circ} \pm 20^{\circ}$	$74,1^{\circ} \pm 7^{\circ}$	$61,3^{\circ} \pm 2^{\circ}$	$84,6^{\circ} \pm 8^{\circ}$
SS/до	$43^{\circ} \pm 8^{\circ}$	$52,3^{\circ} \pm 14^{\circ}$	$54,1^{\circ} \pm 17^{\circ}$	$54,45^{\circ} \pm 15^{\circ}$	$51,9^{\circ} \pm 10^{\circ}$
SS/после	$43,7^{\circ} \pm 6^{\circ}$	$45,6^{\circ} \pm 14^{\circ}$	$51,4^{\circ} \pm 16^{\circ}$	$41,6^{\circ} \pm 17^{\circ}$	$58,1^{\circ} \pm 12^{\circ}$
PT/до	$12,9^{\circ} \pm 16^{\circ}$	$17,1^{\circ} \pm 14^{\circ}$	$24,1^{\circ} \pm 17^{\circ}$	$15,9^{\circ} \pm 10^{\circ}$	$31,3^{\circ} \pm 8^{\circ}$
PT/после	$11,2^{\circ} \pm 12^{\circ}$	$15,9^{\circ} \pm 11^{\circ}$	$21,8^{\circ} \pm 9^{\circ}$	$13,2^{\circ} \pm 12^{\circ}$	$26,8^{\circ} \pm 6^{\circ}$
GLL /до	$37,5^{\circ} \pm 10^{\circ}$	$58,2^{\circ} \pm 20^{\circ}$	$71,6^{\circ} \pm 14^{\circ}$	$70,35^{\circ} \pm 8^{\circ}$	$82,1^{\circ} \pm 8^{\circ}$
GLL/после	$40,9^{\circ} \pm 6^{\circ}$	$49,1^{\circ} \pm 20^{\circ}$	$57,1^{\circ} \pm 14^{\circ}$	$69,8^{\circ} \pm 16^{\circ}$	$57^{\circ} \pm 10^{\circ}$
SVA/до	$+2,3 \pm 1,2$	$+3,2 \pm 1,8$	$+2,2 \pm 4$	$+4,2 \pm 3$	$+6,2 \pm 2,5$
SVA/после	$+1,8 \pm 0,8$	$+2,2 \pm 1,0$	$+1,6 \pm 1,4$	$+2,6 \pm 3,4$	$+3,6 \pm 2,8$

PI (pelvic incidence) — угол наклона таза;

PT (pelvic tilt) — отклонение таза от вертикали;

SS (sacral slope) — наклон крестца;

GLL (global lumbar lordosis) — общий поясничный лордоз;

SVA (sagittal vertical axis) — отклонение от линии отвеса.

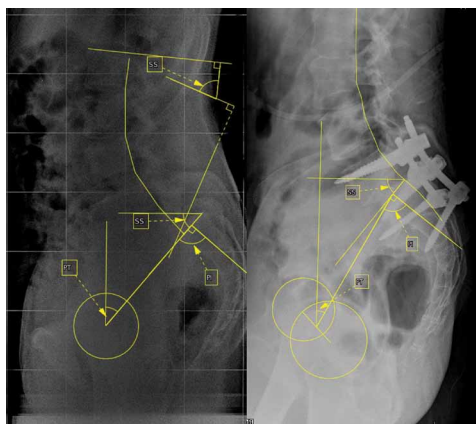


Рисунок 2. Рентгенограмма в боковой проекции полной редукции L5 позвонка, после выполненного спондилодеза и спондилосинтеза на уровне L5-S1 позвонков и костей таза.

Figure 2. X-ray in the lateral projection of the complete reduction of the L5 vertebra, after spinal fusion and spondylosynthesis at the level of L5-S1 vertebrae and pelvic bones.

PI (pelvic incidence) — угол наклона таза;

PT (pelvic tilt) — отклонение таза от вертикали;

SS (sacral slope) — наклон крестца.

Целью хирургических вмешательств являлась декомпрессия невралжных структур и редукция смещенного позвонка. Мы проанализировали связь редукции L5 позвонка к изменению наклона крестца и отклонению таза от вертикали, как единого коксо-verteбрального комплекса. В зависимости от степени смещения L5 позвонка в нашем исследовании четко прослеживается изменение наклона крестца, отклонение таза от вертикальной линии, поясничного лордоза. Показатели нормы коксо-verteбрального комплекса: $SS=40\pm 8$, $PT=13\pm 6$, $PI=55\pm 10$, $GLL=60\pm 13$ позволяют нам выполнять оценку углов при интра- и в послеоперационном контроле. Так при I степени спондилолистеза L5 позвонка изменения углов коксо-verteбрального отношения клинически незначительные. С II-ой степени смещения мы наблюдали четкую закономерность, что при возрастании степени смещения отмечается увеличение углов: наклона крестца (SS), отклонение таза от вертикали (PT), сглаженность или увеличение поясничного лордоза (GLL). В нашем исследовании после хирургического лечения прослеживается изменение наклона крестца (SS), коррекция поясничного лордоза (GLL) и изменение показателей отклонения таза от вертикали (PT) при редукции L5 позвонка. Изменение наклона таза (PI) после устранения спондилолистеза путем редукции L5 позвонка, связано с остеотомией крестца и изменением наклона верхней замыкательной пластины. Наше стремление к приведению или приближению показателей коксо-verteбрального комплекса к норме, позволило выполнить коррекцию сагиттального баланса и уменьшить «механический конфликт» между позвоночником и тазом. Данные удовлетворенности хирургическим лечением в раннем послеоперационном периоде проводилась по шкале Macnab (Таблица 2).

Все пациенты с неудовлетворительным результатом подверглись повторному хирургическому лечению, после чего удалось добиться уменьшения болевого синдрома. Наше стремление к полной редукции смещенного позвонка и приведение коксо-verteбральных показателей к норме, позволило добиться значимого уменьшения болевого синдрома в пояснице и нижних конечностях по ВАШ (на 39 % в раннем послеоперационном периоде и на 61 % через год по-

сле операции) и улучшения качества жизнедеятельности по опроснику Освестри (Рисунок 3).

Таблица 2. Оценка удовлетворенности хирургическим лечением по MacNab.

Table 2. Assessment of satisfaction with surgical treatment by MacNab.

Результат хирургического лечения	Количество больных / степени листеза L5 позвонка				
	I	II	III	IV	V
Отличный	39	103	72	25	9
Хороший	3	24	25	5	5
Удовлетворительный	0	0	0	0	0
Неудовлетворительный	0	3	1	2	4

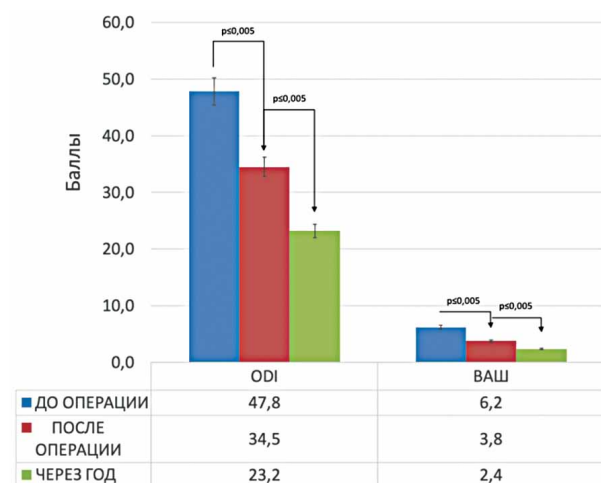


Рисунок 3. Оценка исходов хирургического лечения пациентов со спондилолизом спондилолистезом по опроснику Освестри и ВАШ.

Figure 3. Evaluation of the outcomes of surgical treatment of patients with spondylolysis spondylolisthesis according to the Oswestry questionnaire and VAS.

ОДИ — Освестровский опросник нарушения жизнедеятельности при боли в нижней части поясницы (Oswestry low back pain disability index); ВАШ — визуальная аналоговая шкала.

В последние годы, развитие хирургических методов и контрольно-измерительной аппаратуры, которые обеспечивают интраоперационный мониторинг состояния пациента, позволяют уменьшить число послеоперационных осложнений [22, 23, 24, 25]. Исследования авторов, направленные на коррекцию смещенного позвонка (I и II степени) из заднебокового доступа, сообщают об удовлетворительных клинических результатах [26, 27, 28, 29]. Полная редукция L5 позвонка при спондилолистезах (III и IV степени) остается спорной [30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37]. По мнению С. Lamartine et al. редукцию смещенного позвонка не стоит выполнять при отсутствии ретроверсии таза и нормальном сагиттальном балансе и, наоборот, ретроверсия таза является ключевым моментом в коррекции смещенного позвонка для баланса позвоночника и таза [38]. В 2009 году С. Lamartine с соавторами определили индекс тяжести (SI). Показатель SI <20 % — при низкостепенных спондилолистезах при отсутствии ретроверсии таза соответствует стабильности сегмента. Показатель SI >20 % — при высокостепенных спондилолистезах, сопровождающихся ретроверсией таза, указывает на дальнейшую прогрессию смещения. В таких случаях, по мнению авторов, необходимо хирургическая коррекция спондилолистеза. Учитывая сложность патологии коксо-verteбрального комплекса при высокостепенных спондилолистезах, по данным авторов, при хирургической коррекции смещенного L5 позвонка в послеоперационном периоде получены неврологические осложнения в 31 % случаев [30,39].

Таким образом, авторы разнятся во мнениях о необходимости полной редукции смещенного позвонка. Также, дальнейшего изучения требует вопрос: «Что оказывает большее влияние на клинические исходы

и изменение коксовертебральных соотношений в послеоперационном периоде: редукция смещенного позвонка или сформированный костный блок между L5 позвонком и крестцом». Исследования, направленные на изучение этих вопросов, являются важными для прогнозирования развития и течения спондилолистеза и оптимизации лечебных программ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study.

ORCID авторов/ ORCID of authors

Поляков Юрий Юрьевич/Polyakov Yuri Yuryevich
<https://orcid.org/0000-0003-4149-9322>

Магомедов Шамил Шамсудинович/
Magomedov Shamil Shamsudinovich
<https://orcid.org/0000-0001-5706-6228>

Пташников Дмитрий Александрович/
Ptashnikov Dmitry Aleksandrovich
<https://orcid.org/0000-0001-5765-3158>

Шарифов Рамин Масуддинович/
Sharifov Ramin Masuddinovich
<https://orcid.org/0000-0002-3219-4968>

Жданович Константин Викторович/
Zhdanovich Konstantin Victorovich
<https://orcid.org/0000-0002-0237-4351>

Литература/References

1. Tamburrelli FC, Meluzio MC, Burrofato A, Perna A, Proietti L. Minimally invasive surgery procedure in isthmic spondylolisthesis. *Eur Spine J.* 2018;27(2):237–243. doi: 10.1007/s00586-018-5627-8.
2. Logroscino G, Mazza O, Aulisa G, Pitta L, Pola E, Aulisa L. Spondylolysis and spondylolisthesis in the pediatric and adolescent population. *Childs Nerv Syst.* 2001;17(11):644–655. doi: 10.1007/s003810100495.
3. Butt MF, Dhar SA, Hakeem I, Farooq M, Halwai MA, Mir MR, Kangu KA. In situ instrumented posterolateral fusion without decompression in symptomatic low-grade isthmic spondylolisthesis in adults. *Int Orthop.* 2008;32(5):663–669. doi: 10.1007/s00264-007-0367-0.
4. Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J.* 2011;20(5):641–646. doi: 10.1007/s00586-011-1932-1.
5. Продан А.И., Грунтовский Г.Х., Куценко В.А., Колесниченко В.А. Диспластический спондилолистез: обзор современных концепций этиологии и патогенеза. *Хирургия позвоночника*— 2004;(3):97–104 [Prodan AI, Gruntovsky GK, Kutsenko VA, Kolesnichenko VA. Etiology and pathogenesis of dysplastic spondylolisthesis: current concepts review. *Hir. Pozvonoc.* 2004;(3):97–104. (In Russ)].
6. Hanson DS, Bridwell KH, Rhee JM, Lenke LG. Correlation of pelvic incidence with low- and high-grade isthmic spondylolisthesis. *Spine.* 2002;27(18):2026–2029. doi: 10.1097/00007632-200209150-00011.
7. Crawford NR, Cagli S, Sonntag VK, Dickman CA. Biomechanics of grade I degenerative lumbar spondylolisthesis. Part 1: in vitro model. *J Neurosurg.* 2001;94(1 Suppl):45–50. doi:10.3171/spi.2001.94.1.0045.
8. Curylo LJ, Edwards C, DeWald RW. Radiographic markers in spondylolisthesis: implications for spondylolisthesis progression. *Spine.* 2002;27(18):2021–2025. doi: 10.1097/00007632-200209150-00010.
9. Duval-Beaupère G, Robain G. Visualization on full spine radiographs of the anatomical connections of the centres of the segmental body mass supported by each vertebra and measured in vivo. *Int Orthop.* 1987;11(3):261–269. doi: 10.1007/BF00271459.
10. Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P. A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an

- economic standing position. *Ann Biomed Eng.* 1992;20(4):451–462. doi: 10.1007/BF02368136.
11. Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, Transfeldt E, O'Brien M, Chopin D, Hresko T, Dimnet J. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study. *Spine.* 2004;29(18):2049–2054. doi: 10.1097/01.brs.0000138279.53439.cc.
 12. Hanson DS, Bridwell KH, Rhee JM, Lenke LG. Correlation of pelvic incidence with low- and high-grade isthmic spondylolisthesis. *Spine.* 2002;27(18):2026–2029. doi: 10.1097/00007632-200209150-00011.
 13. Marty C, Boisaubert B, Descamps H, Montigny JP, Hecquet J, Legaye J, Duval-Beaupère G. The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients. *Eur Spine J.* 2002;11(2):119–125. doi: 10.1007/s00586-001-0349-7.
 14. Rajnics P, Templier A, Skalli W, Lavaste F, Illés T. The association of sagittal spinal and pelvic parameters in asymptomatic persons and patients with isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech.* 2002;15(1):24–30. doi: 10.1097/00024720-200202000-00004.
 15. Hresko MT, Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E. Classification of high-grade spondylolistheses based on pelvic version and spine balance: possible rationale for reduction. *Spine.* 2007;32(20):2208–2213. doi: 10.1097/BRS.0b013e31814b2cee.
 16. Hresko MT, Hirschfeld R, Buerk AA, Zurakowski D. The effect of reduction and instrumentation of spondylolisthesis on spinopelvic sagittal alignment. *J Pediatr Orthop.* 2009;29(2):157–162. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181977de8.
 17. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg.* 2015;1(1):2–18. doi: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05.
 18. Martiniani M, Lamartina C, Specchia N. "In situ" fusion or reduction in high-grade high dysplastic developmental spondylolisthesis (HDSS). *Eur Spine J.* 2012;21(1):134–140. doi: 10.1007/s00586-012-2230-2.
 19. Mac-Thiong JM, Labelle H. A proposal for a surgical classification of pediatric lumbosacral spondylolisthesis based on current literature. *Eur Spine J.* 2006;15(10):1425–1435. doi: 10.1007/s00586-006-0101-4.
 20. Marchetti PG, Bartolozzi P. Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. *The Textbook for Spinal Surgery. Philadelphia PA: Lippincott Raven.* 1997;2: 1211–1254.
 21. Meyerding HW. Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets; use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache. *J Int Coll Surg.* 1956;26(5 Part 1):566–591.
 22. Ani N, Keppler L, Biscup RS, Steffee AD. Reduction of high-grade slips (grades III–V) with VSP instrumentation. Report of a series of 41 cases. *Spine.* 1991;16(6):302–310. doi: 10.1097/00007632-199106001-00025.
 23. Hashimoto T, Shigenobu K, Kanayama M, Harada M, Oha F, Ohkoshi Y, Tada H, Yamamoto K, Yamane S. Clinical results of single-level posterior lumbar interbody fusion using the Brantigan I/F carbon cage filled with a mixture of local morselized bone and bioactive ceramic granules. *Spine.* 2002;27(3):258–262. doi: 10.1097/00007632-200202010-00011.
 24. Hu SS, Bradford DS, Transfeldt EE, Cohen M. Reduction of high-grade spondylolisthesis using Edwards instrumentation. *Spine.* 1996;21(3):367–371. doi: 10.1097/00007632-199602010-00023.
 25. Spruit M, Pavlov PW, Leitaio J, De Kleuver M, Anderson PG, Den Boer F. Posterior reduction and anterior lumbar interbody fusion in symptomatic low-grade adult isthmic spondylolisthesis: short-term radiological and functional outcome. *Eur Spine J.* 2002;11(5):428–433. doi: 10.1007/s00586-002-0400-3.
 26. Bridwell KH, Sedgewick TA, O'Brien MF, Lenke LG, Baldus C. The role of fusion and instrumentation in the treatment of degenerative spondylolisthesis with spinal stenosis. *J Spinal Disord.* 1993;6(6):461–472. doi: 10.1097/00002517-199306060-00001.
 27. Herkowitz HN, Kurz LT. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis. A prospective study comparing decompression with decompression and intertransverse process arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73(6):802–808.
 28. Mardjetko SM, Connolly PJ, Shott S. Degenerative lumbar spondylolisthesis. A meta-analysis of literature 1970–1993. *Spine.* 1994;19(20):2256–2265.
 29. Möller H, Hedlund R. Surgery versus conservative management in adult isthmic spondylolisthesis- a prospective randomized study: part I. *Spine.* 2000;25(13):1711–1715. doi: 10.1097/00007632-200007010-00016.
 30. Bradford DS. Closed reduction of spondylolisthesis. An experience in 22 patients. *Spine.* 1988;13(5):580–587.
 31. Boxall D, Bradford DS, Winter RB, Moe JH. Management of severe spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61(4):479–495.
 32. DeWald RL, Faut MM, Taddonio RF, Neuwirth MG. Severe lumbosacral spondylolisthesis in adolescents and children. Reduction and staged circumferential fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63(4):619–626.
 33. Dick WT, Schnebel B. Severe spondylolisthesis. Reduction and internal fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(232):70–79.
 34. Harris IE, Weinstein SL. Long-term follow-up of patients with grade-III and IV spondylolisthesis. Treatment with and without posterior fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(7):960–969.
 35. Johnson JR, Kirwan EO. The long-term results of fusion in situ for severe spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Br.* 1983;65(1):43–46. doi: 10.1302/0301-620X.65B1.6822600.
 36. Poussa M, Schlenszka D, Seitsalo S, Ylikoski M, Hurri H, Osterman K. Surgical treatment of severe isthmic spondylolisthesis in adolescents. Reduction or fusion in situ. *Spine.* 1993;18(7):894–901. doi: 10.1097/00007632-199306000-00014.
 37. Seitsalo S, Osterman K, Hyvärinen H, Tallroth K, Schlenszka D, Poussa M. Progression of spondylolisthesis in children and adolescents. A long-term follow-up of 272 patients. *Spine.* 1991;16(4):417–421. doi: 10.1097/00007632-199104000-00004.
 38. Lamartina C, Zavatsky JM, Petrucci M, Specchia N. Novel concepts in the evaluation and treatment of high-dysplastic spondylolisthesis. *Eur Spine J.* 2009;18(1):133–142. doi: 10.1007/s00586-009-0984-y.
 39. Bartolozzi P, Sandri A, Cassini M, Ricci M. One-stage posterior decompression-stabilization and trans-sacral interbody fusion after partial reduction for severe L5-S1 spondylolisthesis. *Spine.* 2003;28(11):1135–1141. doi: 10.1097/01.BRS.0000067274.38273.5C.
 40. Macnab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1971;53(5):891–903.