



СЕГМЕНТАРНЫЙ ЛОРДОЗ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ У ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ: НЕСИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

О.Н. Леонова, Н.С. Кузьмин, Е.С. Байков, А.В. Крутько

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

Цель исследования. На основании несистематического обзора литературы сравнить возможности наиболее распространенных методик открытого и минимально-инвазивного TLIF при коррекции сегментарного лордоза у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника.

Материал и методы. Дизайн исследования: несистематический структурированный обзор литературы. Проведен поиск статей за последние 5 лет по следующим ключевым словам: degenerative, lumbar open mis TLIF, segmental restoration, сегментарный лордоз, дегенеративный, позвоночник, TLIF.

Результаты. В исследование вошли 17 источников, соответствующих критериям включения. Среди включенных оригинальных исследований выявлена большая вариабельность корригирующих возможностей открытого и минимального TLIF — достигаемые значения сегментарного лордоза/объем коррекции могут различаться более чем в 4 раза у разных авторов. Выявлен ряд причин, оказывающих на это влияние, однако не упоминающихся в систематических обзорах: отсутствие должного предоперационного обследования больных и планирования вмешательства, неоднозначная интраоперационная техника выполнения коррекции, различные исходные значения сегментарного угла (кифоз), отсутствие стандартизированной техники измерения угловых параметров.

Заключение. Корригирующие возможности открытого и минимально-инвазивного TLIF еще нуждаются в уточнении. Большой разброс значений сегментарного лордоза в существующих статьях затрудняет корректную интерпретацию результатов для стороннего наблюдателя и требует тщательно спланированных скрупулезных исследований.

Ключевые слова: дегенеративные заболевания позвоночника; сагиттальный баланс; сегментарный угол; поясничный отдел позвоночника; TLIF; трансфораминальный межтеловой спондилодез.

Для цитирования: Леонова О.Н., Кузьмин Н.С., Байков Е.С., Крутько А.В. Сегментарный лордоз при стабилизации на поясничном уровне у пациентов с дегенеративной патологией: несистематический обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 67–78.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.67-78>

SEGMENTAL LORDOSIS IN LUMBAR STABILIZATION IN PATIENTS WITH DEGENERATIVE PATHOLOGY: A NON-SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

O.N. Leonova, N.S. Kuzmin, E.S. Baykov, A.V. Krutko

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

Objective. To compare the capabilities of the most common open and minimally invasive TLIF techniques in the correction of segmental lordosis in patients with degenerative diseases of the lumbar spine, based on a non-systematic literature review.

Material and Methods. Study design: non-systematic structured literature review. Articles published for the last 5 years were searched using the following keywords: degenerative, lumbar open mis TLIF, segmental restoration, segmental lordosis, degenerative, spine, TLIF.

Results. Seventeen sources that met the inclusion criteria were included in the study. Among the included original studies, a large variability in the corrective capabilities of open and minimal TLIF was revealed - the achieved values of segmental lordosis/amount of correction can differ by more than 4 times among authors. A number of reasons were identified influencing this but not mentioned in systematic reviews: lack of proper preoperative examination of patients and planning of intervention, ambiguous intraoperative technique for performing correction, different initial values of the segmental angle (kyphosis), and lack of standardized technique for measuring angular parameters.

Conclusion. The corrective possibilities of open and minimally invasive TLIF still need to be clarified. The wide variation of segmental lordosis values in existing articles makes it difficult for an outside observer to correctly interpret the results and requires carefully designed meticulous studies.

Key Words: degenerative diseases of the spine; sagittal balance; segmental angle; lumbar spine; TLIF, transforaminal interbody fusion.

Please cite this paper as: Leonova ON, Kuzmin NS, Baykov ES, Krutko AV. Segmental lordosis in lumbar stabilization in patients with degenerative pathology: a non-systematic literature review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):67–78. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.67-78>

Проявлениями дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника являются региональные и/или глобальные сагиттальные деформации и потеря угловых взаимоотношений [1], которая может проявляться различными вариантами клинической симптоматики: аксиальными болями [2], сегментарной нестабильностью [3], анталгической установкой туловища [4], что в конечном счете снижает качество жизни пациента [1, 5, 6].

Хирургическое лечение больных с региональными и/или глобальными дегенеративными деформациями позвоночника, особенно с применением металлоконструкции, требует обязательного учета угловых параметров и их коррекции при необходимости [1, 5–7]. Существуют разные способы декомпрессии и одновременной стабилизации позвоночника, выполняемых для создания необходимого сегментарного лордоза. Все они имеют схожие результаты по интраоперационной кровопотере, длительности операции, регрессу клинических симптомов по данным опросников и шкал, длительности пребывания в стационаре [8–10]. Однако данные, которые касаются корректирующих возможностей по созданию необходимого сегментарного лордоза, весьма противоречивы: значения по объему коррекции либо не приводятся, либо не являются однозначными.

Наиболее распространенными и универсальными методиками декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств являются открытый и минимально-инвазивный TLIF [11]. Однако при их выполнении, по данным мета-анализов и систематических обзоров, значения достигаемого сегментарного лордоза и целевого угла коррекции находятся в очень широком диапазоне. Например, в результате выполнения MIS-TLIF зарегистрированы следующие значения: до операции – $11,2^\circ$, после операции – $13,9^\circ$, объем коррекции – $1,5^\circ$ [12], а значение сегментарного угла после операции – в диапазоне от $4,5^\circ \pm 2,1^\circ$ до $16,9^\circ \pm 3,3^\circ$ [13]. В результате открытого TLIF динамика

изменения сегментарного угла варьирует от $-1,6^\circ$ до $2,5^\circ$ [14], составляет $1,604^\circ \pm 0,344^\circ$ [15]. Объем коррекции обеих технологий TLIF вместе (открытой и минимально-инвазивной) варьирует в диапазоне от $0,05^\circ \pm 2,85^\circ$ до $7,20^\circ \pm 11,46^\circ$ [16]. Таким образом, данные о корректирующих возможностях наиболее распространенных методик открытого и минимально-инвазивного TLIF могут различаться в 4 раза. Нас заинтересовала такая изменчивость полученного сегментарного лордоза после, казалось бы, изученного вмешательства, что и побудило провести поиск причин этой вариативности данных.

Цель исследования – на основании несистематического обзора литературы уточнить возможности коррекции сегментарного лордоза наиболее распространенных методик открытого и минимально-инвазивного TLIF при лечении больных с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника.

Материал и методы

Исследование соответствует пунктам 2–10, 13, 16, 17, 19, 23 протокола PRISMA, тем не менее обзор не является систематическим: не произведена стратификация рисков систематических ошибок и не выполнено систематическое представление анализируемых данных из-за невозможности их сопоставления.

Для поиска статей использовали научные базы данных PubMed, Google Scholar и eLibrary, глубина поиска – 5 лет (с 2020 по 2025 г.) Поисковый запрос включал следующие ключевые слова в англоязычной базе данных: degenerative, lumbar open mis TLIF, segmental restoration; для поиска русскоязычных статей в системе были применены комбинации следующих слов: сегментарный лордоз, дегенеративный, позвоночник, TLIF.

Критерии включения в обзор: 1) доступность полнотекстовых статей на русском или английском языках; 2) проведение моносегментарного трансфораминального спондило-

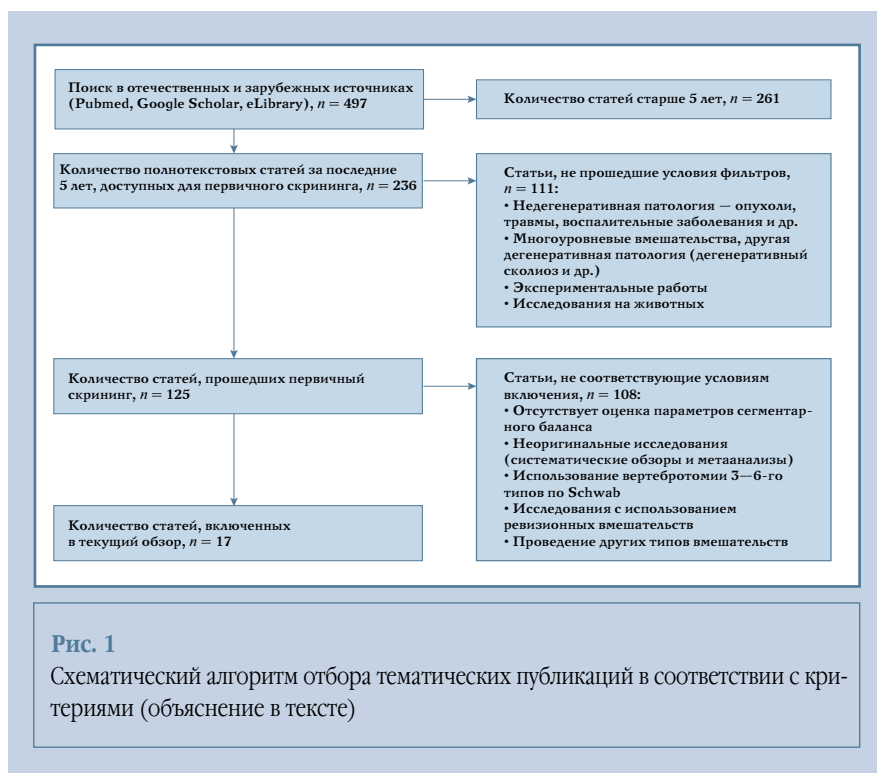
деза (TLIF) по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника; 3) описание параметров сегментарного лордоза. Все статьи, не соответствующие данным критериям, исключены из обзора (рис. 1). Не вошли в анализ (критерии невключения) экспериментальные работы, исследования с участием животных, изучение нецелевых типов операций, в том числе ревизионных вмешательств, изучение других недегенеративных патологий. Также из исследования исключали статьи, в которых описано выполнение трехколонных вертебротомий (3–6 типы по Schwab).

Проводили анализ найденных публикаций по следующим критериям: дегенеративная патология, приведенные в статье хирургические техники, изучаемые параметры баланса, значения сегментарного лордоза, определенного до и после открытого и/или минимального TLIF. Также оценивали особенности хирургической техники (стабилизация сегмента *in situ*, выполнение каких-либо корректирующих маневров, сегментарного релиза, тип межтелового кейджа, его положение) и особенности измерения сегментарного угла (изображения, техники измерения, значения сегментарного угла до и после вмешательства или объем коррекции угла).

Результаты

Всего обнаружено 236 полнотекстовых научных статей, соответствующих исходно заявленным критериям, опубликованных за последние 5 лет. Далее из анализа были исключены исследования, в которых нет конкретного указания значений сегментарного лордоза до и после операции или объема коррекции сегментарного угла и 7 неоригинальных исследований (метаанализы, систематические обзоры).

Таким образом, в работу включили 17 источников, представленных ретроспективными исследованиями разного типа, оценивающими открытый TLIF и/или MIS-TLIF. Основные параметры этих источников представлены в табл.



Наиболее часто статьи представляли собой серию случаев ($n = 7$) или ретроспективный анализ выполненных вмешательств ($n = 10$). Проспективные исследования по изучению сегментарного угла при TLIF представлены сериями случаев без уточнения значений лордоза, поэтому в итоговый анализ не вошли. Количество пациентов в анализируемых случаях в исследованиях варьировало от 51 [29] до 192 [6].

Статьи в абсолютном большинстве посвящены сравнению результатов выполнения декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств различными хирургическими технологиями межтелового спондилодеза (82,4 %; 14/17):

- сравнение открытого или минимально-инвазивного TLIF с ALIF (17,65 %; 3/17);
- сравнение с боковыми технологиями OLIF, XLIF, LLIF (35,3 %; 6/17);
- сравнение с задними доступами PLIF, PLF (11,76 %; 2/17);
- сравнение между собой (17,65 %; 3/17).

Также обнаружены 4 (23,53 %; 4/17) статьи, где проанализированы результаты однотипных вмешательств

открытого или минимально-инвазивного TLIF (серии клинических случаев) [17, 24, 25, 29]. Чаще исследовали исключительно моносегментарные вмешательства (82,4 %, 14/17), но также встречались исследования, где изучали моно- и бисегментарные операции (17,65 %; 13/17).

Варианты патологии, при которых выполнялись декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства, представляют собой всю палитру дегенеративных заболеваний позвоночника: дегенеративные спондилолистезы, дегенеративные стенозы позвоночного канала, грыжи межпозвонковых дисков, кисты дуготростчатых суставов, сборная формулировка – «дегенеративные заболевания позвоночника», а также истмические спондилолистезы.

Что касается предоперационного обследования для оценки угловых параметров позвоночника, то только в одном исследовании авторы указали, что выполняли постуральную рентгенографию позвоночника в двух проекциях (при помощи EOS imaging platforms) [31], при этом не определяли параметры глобального сагиттального баланса; во всех остальных

исследованиях выполняли рентгенографию поясничного отдела позвоночника (с редким упоминанием, что в положении пациента стоя).

Ни в одном исследовании нет указания о предоперационном планировании декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства – расчете идеальных и фактических параметров регионального и/или глобального сагиттального баланса. Hung et al. [30] описали использование межтеловых кейджей большей высоты, чем высота диска, что можно считать вариантом предоперационного планирования. Berlin et al. [25] прямо сообщили, что целевое планирование сагиттальных параметров и воссоздания лордоза на момент сбора данных в клинике еще не проводилось.

Анализируя полученные разными авторами параметры сегментарного лордоза, мы выяснили еще одно чрезвычайно интересное наблюдение – применение различной техники измерения сегментарного угла. В статьях встречаются следующие варианты:

- измерение угла между смежными замыкательными пластинками позвоночно-двигательного сегмента [18]; некоторые авторы трактуют этот угол как сегментарный лордоз, другие – как дисковый угол [24] (рис. 2а);
- измерение угла между нижней замыкательной и верхней замыкательной пластинками позвоночно-двигательного сегмента [25] (рис. 2б).

В 13 анализируемых статьях измерение сегментарного угла проводили с включением тел позвонков по методу Cobb, в четырех статьях сегментарный угол определяли как «дисковый угол». Так как использовали различные методики измерения, эти исследования невозможно сопоставить между собой или как-либо усреднить.

Лордотические кейджи применялись в семи исследованиях (41,18 %; 14/17) [19, 22, 23, 25, 29, 30, 32], нейтральные – в четырех (23,53 %; 4/17) [17, 20, 23, 24], в том числе банановидные или почковидные – в четырех (23,53 %; 4/17) [17, 20, 24, 29]; в прочих исследованиях указания на тип кейджа нет. Таким образом, оценка коррекции

Таблица
Основные анализируемые параметры включенных в обзор статей

Статья	Патология, количество пациентов	Хирургические техники	Параметры баланса и способ измерения сегментарного угла	Детали хирургической техники	Сегментарный лордоз при методах TLIF * до операции, град.	Сегментарный лордоз при методах TLIF * после операции, град.
Martin et al. [17]	Дегенеративный стеноз и спондилолистез, $n = 100$; истмический спондилолистез, $n = 1$; фасеточные кисты, $n = 4$; грыжа диска, $n = 2$	MIS-TLIF	LL, SL с телами, DH (высота диска); измерение SL с телами, DA без тел	Банановидный кейдж, коррекция только столом	SL с телами: MIS-TLIF 18,6 ± 6,4; 14,3 ± 5,7; DA без тел: MIS-TLIF 8,4 ± 4,2	SL с телами: MIS-TLIF 20,48; 18,68°
Li et al. [18]	Дегенеративный стеноз, $n = 59$; грыжа диска, $n = 29$	MIS-TLIF, O-TLIF	SL, DH; измерение SL без тел	Тип кейджа не указан, корригирующие маневры не указаны	Угол коррекции: ΔMIS-TLIF 2,5° (от -9° до 16°)	SL без тел: MIS-TLIF 10,24 ± 4,79; SL без тел: O-TLIF 12,34 ± 4,74
Wang et al. [6]	Дегенеративный спондилолистез, $n = 192$	TLIF, PLIF, OLIF	DH, DA, SL, LL; измерение SL L ₄ -L ₅ с телами, DA без тел	Тип кейджа не указан, положение кейджа кпереди	SL с телами: 10,73 ± 5,65; 18,24 ± 6,18; DA без тел: 6,78 ± 5,10; 11,84 ± 4,79	—
O'Connor et al. [19]	Дегенеративный и истмический спондилолистез, $n = 98$	ALIF, TLIF	LL, SL, PI, измерение SL с телами	Лордотический кейдж, корригирующие маневры не указаны	Угол коррекции: ΔSL 6,29 ± 1,9; ΔSL 0,93 ± 2,32	SL с телами: L ₅ -S ₁ 16,78 ± 6,46; L ₄ -L ₅ 7,56 ± 4,08; L ₃ -L ₄ 5,46 ± 3,64
Kim et al. [20]	Дегенеративный спондилолистез, $n = 113$	LLIF, TLIF	SL, LL, PI, PI-LL; измерение SL без тел	Банановидный кейдж, положение кейджа кпереди, только непрямая декомпрессия	Угол коррекции: ΔTLIF 1,04 ± 4,34	—
Loubeyre et al. [21]	Дегенеративный спондилолистез, $n = 103$	TLIF, PLF	PI, PT, C ₇ -ST, SSA, LL, SL; измерение SL с телами	Тип кейджа не указан или без кейджа, иногда выполняли заднюю компрессию	SL с телами: TLIF 14,2 ± 6,6	SL с телами: TLIF 15,6 ± 8,9
Farber et al. [22]	Спондилолистез, спондилез, $n = 108$	MIS-TLIF, ALIF	SL, LL, DA, NH; измерение SL с телами, DA без тел	Лордотический кейдж, только непрямая декомпрессия	SL с телами: TLIF 19,1 ± 6,3; DA без тел: TLIF 8,8 ± 5,5	SL с телами: DA без тел: TLIF 21,1 ± 5,5; DA TLIF 11,7 ± 4,1
Yingsakmongkol et al. [23]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, $n = 90$	MIS-TLIF, XLIF, OLIF	DH, FH, SL, LL; измерение SL с телами	Для TLIF прямой кейдж, корригирующие маневры не указаны	SL с телами: MIS-TLIF 10,6 ± 5,93	SL с телами: MIS-TLIF 12,8 ± 6,0
Xie et al. [24]	Дегенеративный спондилолистез, $n = 66$; истмический спондилолистез, $n = 59$	Односторонний TLIF с редуцированной опорой	F/A; DH, FH, SL, IA; измерение SL с телами, IA без тел	Почковидный кейдж, положение кейджа кпереди, выполняли заднюю компрессию	SL с телами: L ₄ -L ₅ 18,96 ± 5,88; L ₅ -S ₁ 29,10 ± 5,69; IA без тел: L ₄ -L ₅ 5,27 ± 3,26; L ₅ -S ₁ 7,53 ± 4,40	SL с телами: L ₄ -L ₅ 19,89 ± 6,11; L ₅ -S ₁ 31,43 ± 5,89; IA без тел: L ₄ -L ₅ 6,58 ± 2,77; L ₅ -S ₁ 9,90 ± 4,04
Berlin et al. [25]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, $n = 121$	TLIF	SL, LL; измерение SL с телами	Лордотический кейдж, положение кейджа кпереди, дополняли остеотомией Schwab 2	SL с телами: 21,0 ± 7,2	SL с телами: 25,8 ± 6,0

Окончание таблицы Основные анализируемые параметры включенных в обзор статей						
Статья	Патология, количество пациентов	Хирургические техники	Параметры баланса и способ измерения сегментарного угла	Детали хирургической техники	Сегментарный лордоз до операции, град. *	Сегментарный лордоз при методиках TLIF * после операции, град.
Li et al. [26]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, $n = 63$	OLIF, TLIF	DH, FH, SL, LL, PT, PI, SS; измерение fused segmental lordosis (FSL; с телами)	Тип кейджа не указан, корригирующие маневры не указаны	FSL с телами: TLIF $6,20 \pm 3,27$	FSL с телами: TLIF $7,20 \pm 4,02$
A.B. Спиридонов и др. [27]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, $n = 98$	MIS-TLIF, O-TLIF	GLL, SLL, PI, PT, SS; измерение SLL = L ₄ – S ₁ с телами, SL с телами	Тип кейджа не указан, корригирующие маневры не указаны	SLL с телами: L ₅ – S ₁ $22,1 \pm 8,9$; $22,3 \pm 8,6$	SLL с телами: L ₅ – S ₁ $20,2 \pm 9,5$; $24,9 \pm 6,9$
Zhu et al. [28]	Low grade дегенеративный спондилолистез, $n = 112$	MIS-TLIF, anterolateral LIF	DH, LL, SL; измерение SL с телами	Тип кейджа не указан, выполняли заднюю компрессию	SL с телами: MIS-TLIF $14,7 \pm 6,2$	SL с телами: MIS-TLIF $16,9 \pm 5,3$
Khalifeh et al. [29]	Дегенеративный low grade спондилолистез, $n = 51$	MIS-TLIF	DH, FH, SL; измерение SL с телами	Банановидный кейдж, иногда лордотический или расширяемый, положение кейджа кпереди	SL с телами: общий $12,2 \pm 8,8$; статический кейдж $5,6 \pm 3,3$; расширяемый $13,7 \pm 9,0$	SL с телами: общий $16,5 \pm 7,7$; статический кейдж $9,9 \pm 2,9$; расширяемый $18,0 \pm 7,7$
Hung et al. [30]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, $n = 62$	MIS-TLIF, OLIF	SL, DH; измерение SL с телами	Лордотический буллет-кейдж, подбирался большим размером, чем высота диска, корригирующие маневры не указаны	SL с телами: MIS-TLIF $17,12 \pm 8,73$	SL с телами: MIS-TLIF $11,43 \pm 5,89$
Bassani et al. [31]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, $n = 72$	ALIF, TLIF	PI, PT, SS, LL, LLL, SL; измерение SL с телами	Тип кейджа не указан, корригирующие маневры не указаны, постуральные рентгенограммы перед операцией (EOS imaging)	SL с телами: TLIF $19,8 \pm 12,3$	SL с телами: TLIF $22,9 \pm 5,7$
Oikonomidis et al. [32]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, $n = 138$	TLIF, PLIF	PI, PT, SS, LL, SL; измерение SL с телами	Лордотический кейдж при TLIF, корригирующие маневры не указаны	SL с телами: TLIF $21,7 \pm 10,1$	SL с телами: TLIF $25,9 \pm 10,1$

* Значения сегментарного лордоза представлены только для открытого TLIF и/или минимально-инвазивного TLIF, описанных в источниках. ALIF – anterior lumbar interbody fusion (передний поясничный межтеловой спондилодез); AL (anterolateral) LIF – anterolateral lumbar interbody fusion (переднебоковой поясничный межтеловой спондилодез); MIS – minimally invasive surgery (минимально-инвазивная хирургия); TLIF – transforaminal lumbar interbody fusion (трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез); PLIF – posterior lumbar interbody fusion (задний поясничный межтеловой спондилодез); OLIF – oblique lumbar interbody fusion (косой поясничный межтеловой спондилодез); SLF – segmental lumbar lordosis; DA – disc angle; фиксация; PI – pelvic incidence; PT – pelvic tilt; SS – sacral slope; LL – lumbar lordosis; SA – segmental angle; SL – segmental lordosis; SLL – segmental lordosis; DA – disc angle; DH – disc height; FH (NH) – (neuro) foramen height; GLL – global lumbar lordosis; LLL – lower lumbar lordosis; FJA – facet joint angle; C₇ST – C₇ sagittal tilt; SSA – spinosacral angle.

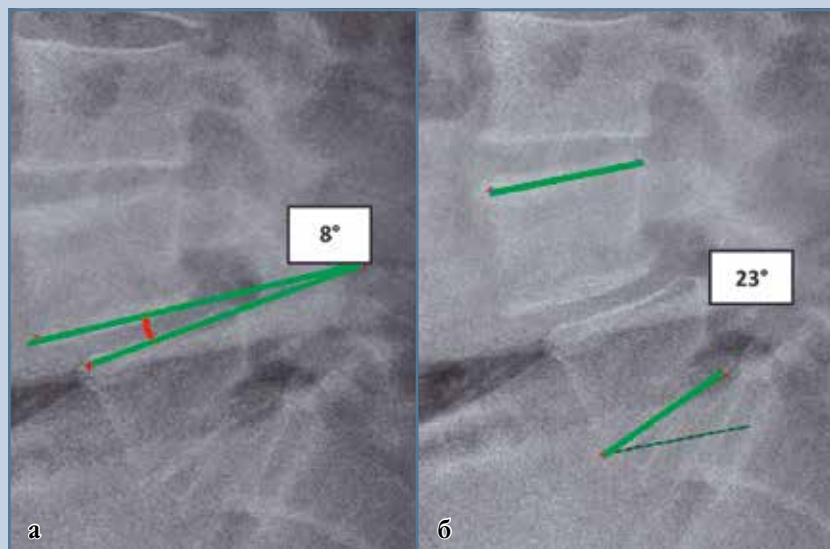


Рис. 2

Примеры измерения сегментарного угла без включения тел позвонков (а) и с включением тел позвонков (б) в измерение

сегментарного лордоза за счет применения кейджей различной формы проводилась в семи исследованиях (41,18 %; 7/17).

Berlin et al. [25] описывают, что дополнили стандартную технику TLIF остеотомией Schwab 2, что, безусловно, позволяет сформировать больший сегментарный угол [33], однако авторы достигли средней коррекции сегментарного лордоза только в $4,8^\circ \pm 5,7^\circ$. Сегментарный релиз не задокументирован ни в одном исследовании, другие интраоперационные корригирующие маневры представлены расположением кейджа в передней трети дискового пространства в пяти исследованиях (29,4 %; 5/17) [6, 20, 24, 25, 29], коррекцией при помощи операционного стола – в одном (5,9 %; 1/17) [17], задней контракцией по стержням транспедикулярной конструкции – в трех [24, 28], в том числе контракцией – только в некоторых случаях [21] ($n = 3$; 17,65 %; 3/17). Обращает на себя внимание то, что в 10 исследованиях (58,8 %; 10/17) никакой интраоперационной коррекции сегментарного угла не проводилось, а только стабилизация сегмента *in situ*, хотя во всех статьях одним из основных параметров

оценки результата вмешательства являлось восстановление сегментарного лордоза.

В большинстве проанализированных статей описано увеличение или сохранение сегментарного лордоза после операции, кроме одного исследования, где отмечено уменьшение угла примерно на 6° после MIS-TLIF [30]. В другом исследовании объем коррекции при MIS-TLIF и использовании лордотических буллет-кейджей варьировал от -9° до 16° [17], то есть в ряде случаев авторы получали послеоперационный сегментарный кифоз.

Наибольшие послеоперационные значения сегментарного лордоза ($31,43^\circ \pm 5,89^\circ$) зарегистрированы при TLIF с интраоперационным выполнением корригирующих маневров [24], наименьшие – при открытом TLIF ($5,46^\circ \pm 3,64^\circ$) на уровне L_3-L_4 при использовании лордотических кейджей [19] и при открытом TLIF ($7,2^\circ \pm 4,02^\circ$) со стабилизацией *in situ* [26]. Объем коррекции (разница сегментарного лордоза до и после вмешательства) составляет для минимально-инвазивного TLIF $2,5^\circ$ (диапазон

от -9° до 16°) при интраоперационной коррекции столом [17], для открытого TLIF – $1,04^\circ \pm 4,34^\circ$ при стабилизации без какой-либо коррекции [20], при общем значении динамики лордоза для TLIF, PLIF, OLIF (трех методик вместе) – от $6,29^\circ \pm 1,9^\circ$ до $0,93^\circ \pm 2,32^\circ$ [6]. Часто авторы представляют усредненное значение сегментарного лордоза всех оперируемых уровней, не делая разбивку по уровням вмешательства или типам поясничного лордоза. Таким образом, в оригинальных исследованиях объем коррекции различается также более чем в 4 раза.

Обсуждение

В настоящее время происходит изменение стандартов применения металлофиксации при дегенеративных заболеваниях позвоночника – ее применение обосновано при необходимости коррекции угловых взаимоотношений в сегменте или во всем сагиттальном балансе позвоночника. Ранее показанием к выполнению стабилизирующих вмешательств являлось наличие нестабильности в сегменте позвоночника [3], однако по сей день нет четкого однозначного определения данной нозологии, поэтому применение здесь металлофиксации является дискуссионным.

Недоучет угловых параметров при выполнении металлофиксации на поясничном уровне может быть причиной развития дисбаланса после операции или формирования деформации *de novo* [34], привести к снижению качества жизни и увеличению послеоперационных болей [1], а также невозможности восстановления сегментарного лордоза является причиной ускоренной дегенерации на смежном с костным блоком сегменте [12, 32, 35]. В большинстве анализируемых статей достаточно затруднительно провести анализ возможностей коррекции TLIF из-за отсутствия или неструктурности данных, сложного изложения, а также разнообразия методов измерения и анализа данных [27].

Предоперационное планирование, гармоничный профиль, уровни вмешательства. Решение о необходи-

мости коррекции сегментарного угла выполняется на основании предоперационного планирования с измерением параметров сагиттального баланса [36]. Сагиттальный баланс оценивается по данным постуральной рентгенографии позвоночника [36, 37] или, что менее предпочтительно, по данным рентгенографии поясничного отдела позвоночника в положении пациента стоя с захватом проксимальных отделов бедренных костей, что позволяет оценить только позвоночно-тазовые параметры. Однако, несмотря на оценку угловых параметров в каждом из анализируемых источников, золотого стандарта диагностики нарушений сагиттального профиля нет: одни авторы использовали для оценки рентгенограммы поясничного отдела [17], другие – постуральные рентгенограммы [31], третьи – разные лучевые методы для разных групп больных [38].

Многие авторы [18, 21, 27, 29, 30, 32] приводят усредненные значения полученного сегментарного угла для всех оперированных уровней (L_1-S_1). Создание лордоза на каждом из них целесообразно планировать в соответствии с его гармоничным распределением на всем поясничном отделе позвоночника и в соответствии с типами Roussouly, где на нижнепоясничный лордоз должно приходиться не менее 70 % от всего поясничного лордоза [39]; это позволит улучшить результаты хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника. Однако ни в одной статье подобных данных о гармоничном распределении сегментарного лордоза до и/или после операции на поясничном уровне не представлено. Формирование сегментарного лордоза в $25,9^\circ \pm 10,1^\circ$ на одном уровне из L_3-S_1 [32] выглядит несколько опрометчиво без предварительных расчетов либо является недостатком методологии оценки параметров.

Изменения значения угла до 4° могут быть погрешностью метода угловых измерений [17], поэтому сообщения о такой разнице в сегментарном лордозе до и после операции

(объеме коррекции), представленные многими авторами [6, 17, 20, 21, 23, 24, 26–28], должны приниматься в расчет с большой осторожностью.

Интраоперационная коррекция. При необходимости восстановления сегментарного угла целесообразно выполнять интраоперационные корригирующие маневры, поскольку изолированное применение лордотического кейджа не всегда создаст желаемый сегментарный лордоз – даже при большом угле кейджа его формирование ограничено костно-связочными структурами [12]. При отсутствии интраоперационной коррекции мы считаем применение металлофиксации на поясничном уровне стабилизацией сегмента *in situ* и, судя по анализируемым источникам, такой практикой занимается абсолютное большинство оперирующих хирургов. Этим может быть объяснен такой незначительный объем коррекции только за счет применения лордотического кейджа или погрешности измерения сегментарного лордоза. Следует учитывать, что чем меньше значение сегментарного лордоза (чем больше сегментарный кифоз) до вмешательства, тем больший объем коррекции можно получить после операции [12, 29]. Таким образом, при выполнении одной и той же стандартной хирургической технологии TLIF, но с учетом предоперационного сегментарного угла (кифоза), объем коррекции сегментарного лордоза может значительно различаться, что мы и продемонстрировали нашими клиническими примерами. В качестве иллюстрации корригирующих возможностей одной и той же технологии приводим клинические примеры из нашей практики: выполнение открытого TLIF с одинаковыми корригирующими маневрами, но имеющими разный итоговый объем сегментарной коррекции.

Клинический пример 1. Пациентка Е., 55 лет, поступила с синдромом полирадикулярной компрессии резистентным к консервативной терапии на протяжении 6 мес. Диагноз: распространенные дегенеративные изме-

нения поясничного отдела позвоночника; дегенеративный спондилолистез L_4 I степени, дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L_4-L_5 (Shizas C), сегментарная кифотическая деформация L_4-L_5 ; синдром нейрогенной перемежающейся хромоты; синдром полирадикулярной компрессии.

Выполнено хирургическое лечение: декомпрессивная ламинэктомия L_4 , транспедикулярная фиксация и трансфораминальный межтеловой спондилодез имплантатом на уровне L_4-L_5 . Во время вмешательства выполнен редуцирующий маневр и контракция на стержнях с целью коррекции сагиттальной угловой деформации согласно предоперационному планированию. Радиологические параметры спустя два года после операции представлены в подписи к рис. 3. На протяжении всего срока наблюдения осложнений не отмечено, пациентка довольна результатом проведенного лечения.

Клинический пример 2. Пациентка С., 67 лет, поступила с нижним дистальным вялым умеренным парализом, синдромом полирадикулярной компрессии, резистентным к консервативной терапии на протяжении 4 мес. Диагноз: распространенные дегенеративные изменения поясничного отдела позвоночника; дегенеративный спондилолистез L_4 I степени, дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L_4-L_5 (Shizas C); синдром нейрогенной перемежающейся хромоты; компрессионно-ишемическая полирадикулопатия.

Выполнено хирургическое лечение: декомпрессивная ламинэктомия L_4 , транспедикулярная фиксация и трансфораминальный межтеловой спондилодез на уровне L_4-L_5 . Во время вмешательства выполнен редуцирующий маневр и контракция на стержнях с целью коррекции сагиттальной угловой деформации согласно предоперационному планированию. Радиологические параметры спустя два года после операции представлены в подписи к рис. 4. Спустя 12 мес. после оперативного лечения отмечен регресс неврологического дефицита в виде восстановления силы всех

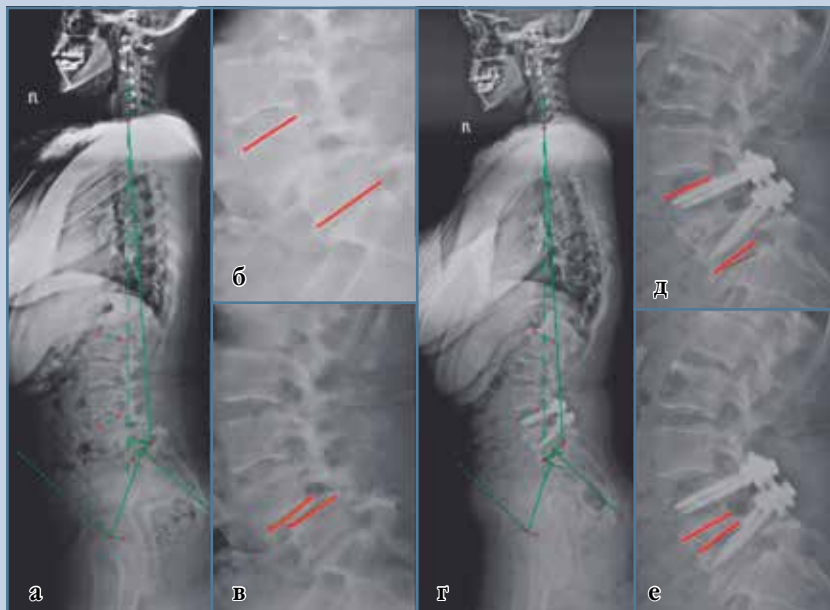


Рис. 3

Постуральная рентгенография позвоночника (сагиттальные проекции) пациентки Е., 55 лет. Сагиттальные параметры до операции: PI – 64°, SVA – 32 мм, LL – 57°, LLL – 13° (а), SL с телами позвонков – 1° (б), SL без тел позвонков – –4,0° (в). Расчетные (оптимальные) параметры баланса для пациента: LL – 60°, LLL – 40°, SVA – ≤ 40 мм. Сагиттальные параметры спустя 2 года после операции: PI – 64°, SVA – 29 мм, LL – 66°, LLL – 23° (г), SL с телами позвонков 13° (д), SL без тел позвонков – 7° коррекция ~11° (е). С учетом сегментарного кифоза до операции достигнута значительная коррекция сегментарного угла и воссоздан сегментарный лордоз

групп мышц до пяти баллов. На протяжении срока наблюдения осложнений не отмечено, однако у пациентки сохранялся стойкий болевой синдром в поясничном отделе позвоночника (выше и ниже уровня вмешательства), не купируемый консервативной терапией, пациентка оценивает результат лечения как «несколько лучше, чем было изначально». Данное обстоятельство дважды потребовало проведения пункционных методов лечения. Резидуальный болевой синдром в нижних конечностях значительно уменьшается на фоне консервативной терапии.

Таким образом, клинические примеры показывают, что выполнение одинаковых хирургических методик и интраоперационных корректирующих маневров привело к разным

результатам при сравнении угловых параметров до и после операции: в первом случае получены хороший объем коррекции сегментарного угла (~11°) при маневре из кифоза в лордоз и гармонизация других угловых взаимоотношений, во втором – коррекции практически не было (~2°), стандартных корректирующих маневров по формированию еще большего лордоза было недостаточно. Исходные значения сегментарного угла (кифоз) во многом определяют достигаемый объем коррекции, несмотря на проведение корректирующих маневров при TLIF.

Техника измерения, погрешность метода. Сегментарный лордоз, или, как его называют некоторые авторы, «угол диска», является абсолютной величиной и не включает дополнительных структур, кроме

объекта вмешательства при спондилодезе – межтелового промежутка. Тела позвонков имеют трапециевидную форму, угол между верхней и нижней замыкательными пластинками одного позвонка не является стандартным, типичным или постоянным. Сравнение значений сегментарного лордоза, полученных путем измерения угла Cobb с учетом тел позвонков у разных больных, не представляется возможным, только угол коррекции (разница между до- и послеоперационными значениями лордоза) в таком случае дает представление о корректирующих возможностях метода. Таким образом, создается большая гетерогенность методов оценки и их результатов, что затрудняет представление стороннего наблюдателя о формировании итогового лордоза.

Большой разброс значений сегментарного лордоза при выполнении TLIF вызывает недоумение. Высказано предположение, что столь существенные отличия связаны с различиями в технике выполнения отдельных этапов операции [40], в том числе коррекции или фиксации сегмента *in situ*. Однако на основе анализа литературы мы пришли к дополнительным выводам:

- во всех статьях коррекция сегментарного лордоза не являлась целью вмешательства; была ли в этом нужда – неизвестно, поскольку никто из авторов не рассчитывал фактические и/или гармоничные параметры сагиттального баланса;

- разные техники измерения сегментарного угла, исходное значение сегментарного угла (кифоз), уровни вмешательства не позволяют сопоставить результаты авторов между собой, поэтому выводы существующих метаанализов и систематических обзоров подлежат разумному сомнению.

Таким образом, корректирующие возможности TLIF еще нуждаются в уточнении. Необходимы проспективные исследования по единому протоколу, где предоперационное обследование больных, планирование вмешательства, интраоперационная

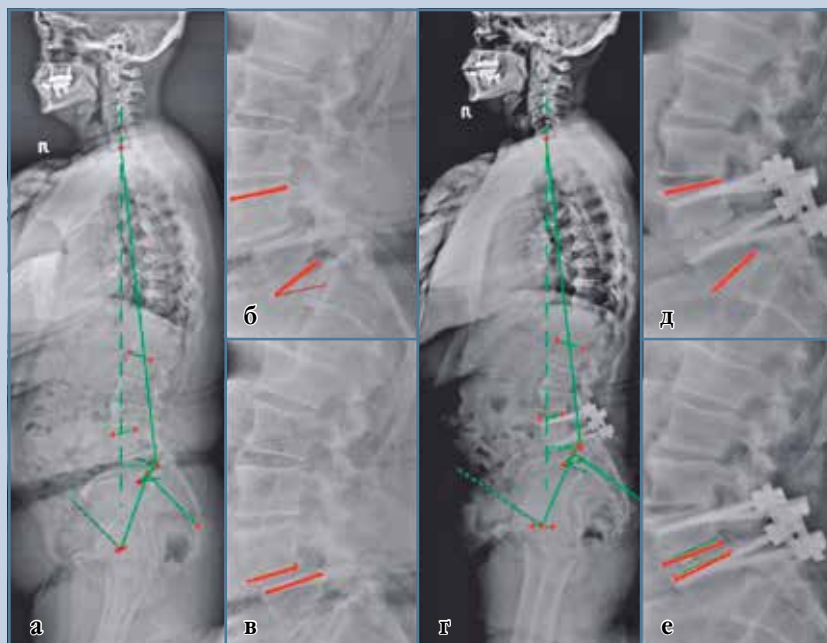


Рис. 4

Постуральная рентгенография позвоночника (сагиттальные проекции) пациентки С., 67 лет. Сагиттальные параметры до операции: PI – 68°, SVA – 50 мм, LL – 64°, LLL – 30° (а), SL с телами позвонков – 26° (б), SL без тел позвонков 1° (в). Расчетные (оптимальные) параметры баланса для пациента: LL – 61°, LLL – 40°, SVA ≤40 мм. Сагиттальные параметры спустя 2 года после операции: PI – 68°, SVA – 48 мм, LL – 69°, LLL – 35° (г), SL с телами позвонков – 26° (д), SL без тел позвонков – 3° (е). Несмотря на значимое увеличение LLL, значение SL практически не изменилось

техника выполнения коррекции, а также измерение угловых параметров будут проводиться согласно отработанным стандартам. Результаты таких исследований можно будет экстраполировать на другие центры и другие когорты пациентов.

Ограничение исследования. Данный обзор является несистематическим

и сконцентрирован только на вопросах корригирующих возможностей открытого или минимально-инвазивного TLIF. Проведение систематического обзора гомогенных источников со стратификацией ошибок может предоставить данные более высокого уровня доказательности.

Заключение

Корригирующие возможности открытого и минимально-инвазивного TLIF нуждаются в уточнении. Существующие данные литературы, в том числе высокодоказательных мета-анализов и систематических обзоров, не представляется возможным подвергнуть методичной и систематизированной оценке из-за различных целей хирургических вмешательств, неуточненных исходных значений сегментарного угла (кифоз), разных уровней вмешательства и отсутствия общепринятой/единой методологии оценки сегментарного угла. Как было выявлено, авторы используют множество вариаций TLIF, как с остеотомией, так и с фиксацией *in situ*, что, в свою очередь, приводит не только к сохранению недостаточного сегментарного угла, но даже к созданию локального кифоза. Необходимо проведение проспективных, в том числе мультицентровых, исследований, выполняемых по единому протоколу предоперационного обследования больных, планирования вмешательства, единой интраоперационной техники коррекции, а также измерения угловых параметров.

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

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

1. Le Huec J, Faundez A, Dominguez D, Hoffmeyer P, Aunoble S. Evidence showing the relationship between sagittal balance and clinical outcomes in surgical treatment of degenerative spinal diseases: a literature review. *Int Orthop*. 2015;39:87–95. DOI: 10.1007/s00264-014-2516-6
2. Lazennec JY, Ramaré S, Arafati N, Laudet CG, Gorin M, Roger B, Hansen S, Saillant G, Maurs L, Trabelsi R. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain. *Eur Spine J*. 2000;9:47–55. DOI: 10.1007/s005860050008
3. Крутько А.В., Байков Е.С., Коновалов Н.А., Назаренко А.Г. Сегментарная нестабильность позвоночника: нерешенные вопросы. *Хирургия позвоночника*. 2017;14(3):74–83. [Krutko AV, Baikov ES, Kononov NA, Nazarenko AG. Segmental spinal instability: unsolved problems. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2017;14(3):74–83]. DOI: 10.14531/ss2017.3.74-83 EDN: ZRUYKX
4. Barrey C, Jund J, Nosedá O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J*. 2007;16:1459–1467. DOI: 10.1007/s00586-006-0294-6

5. Tani Y, Naka N, Ono N, Kawashima K, Paku M, Ishihara M, Adachi T, Taniguchi S, Ando M, Saito T. Lumbar lordosis restoration by minimally invasive short-segment fusion with anterior column realignment for adult spinal deformity: minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine*. 2024;40:152–161. DOI: 10.3171/2023.9.SPINE23829
6. Wang D, Chen X, Han D, Wang W, Kong C, Lu S. Radiographic and surgery-related predictive factors for increased segmental lumbar lordosis following lumbar fusion surgery in patients with degenerative lumbar spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2024;33:2813–2823. DOI: 10.1007/s00586-024-08248-z
7. Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy JP. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine*. 2009;34:E599–E606. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219
8. Amaral R, Pokorny G, Marcelino F, Moriguchi R, Pokorny J, Barreira I, Mizaël W, Yozo M, Frago S, Pimenta L. Lateral versus posterior approaches to treat degenerative lumbar pathologies - systematic review and meta-analysis of recent literature. *Eur Spine J*. 2023;32:1655–1677. DOI: 10.1007/s00586-023-07619-2
9. Kunadt M, Barleben L, Bttner-Janzen K. One-level open vs. minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a systematic review and advanced meta-analytic assessment of prospective studies with at least two years follow-up. *Eur Spine J*. 2022;31:2557–2571. DOI: 10.1007/s00586-022-07223-w
10. Miller LE, Bhattacharyya S, Pracyk J. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for single-level degenerative disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *World Neurosurg*. 2020;133:358–365.e4. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.08.162
11. Sebaaly A, Kreichati G, Tarchichi J, Kharrat K, Daher M. Transforaminal lumbar interbody fusion using banana-shaped and straight cages: meta-analysis of clinical and radiological outcomes. *Eur Spine J*. 2023;32:3158–3166. DOI: 10.1007/s00586-023-07797-z
12. Сангинев А.Д., Байков Е.С., Пелеганчук А.В., Маркин С.П., Леонова О.Н., Крутько А.В. Минимально инвазивный трансфораминальный межтеловой спондилодез и восстановление сегментарного и поясничного лордоза. *Современные проблемы науки и образования*. 2020;(4):149. [Sanginov AD, Baykov ES, Peleganchuk AV, Markin SP, Leonova ON, Krutko AV. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and restoration of segmental and lumbar lordosis. *Modern problems of science and education*. 2020;(4):149]. DOI: 10.17513/spno.29917 EDN: DAKKNL
13. Liu D, Huang X, Zhang C, Wang Q, Jiang H. Meta-analysis of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion versus oblique lumbar interbody fusion for treating lumbar degenerative diseases. *J Orthop Surg Res*. 2024;19:891. DOI: 10.1186/s13018-024-05422-3
14. Ajiboye RM, Alas H, Mosich GM, Sharma A, Pourtaheri S. Radiographic and clinical outcomes of anterior and transforaminal lumbar interbody fusions: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Clin Spine Surg*. 2018;31:E230–E238. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000549
15. Lechtholz-Zey EA, Ayad M, Gettleman BS, Mills ES, Shelby H, Ton A, Karakash WJ, Shah I, Wang JC, Alluri RK, Hah RJ. Changes in segmental and lumbar lordosis following lumbar interbody fusion: a systematic review and meta-analysis. *Clin Spine Surg*. 2025;38:294–303. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001728
16. Lin GX, He LR, Nan JN, Xu WB, Xiao K, Que Z, Jhang SW, Chen CM, Zhu MT, Rui G. Comparing outcomes of banana-shaped and straight cages in transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases: a systematic review and meta-analysis. *Neurospine*. 2024;21:261–272. DOI: 10.14245/ns.2347078.539
17. Martin C, Niu S, Whicker E, Ward I, Yoon ST. Radiographic factors affecting lordosis correction after transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral facetectomy. *Int J spine Surg*. 2020;14:681–686. DOI: 10.14444/7099
18. Li F, Li C, Xi X, Zeng Z, Ma B, Xie N, Wang H, Yu Y, Cheng L. Distinct fusion intersegmental parameters regarding local sagittal balance provide similar clinical outcomes: a comparative study of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion. *BMC Surg*. 2020;20:97. DOI: 10.1186/s12893-020-00765-0
19. O'Connor B, Bansal A, Leveque JC, Drolet CE, Shen J, Nemani V, Canlas G, Louie PK. Early compensatory segmental angle changes at L3-L4 and L4-L5 after a L5-S1 interbody fusion for a grade 1 spondylolisthesis. *Spine*. 2024;49:865–872. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004845
20. Kim M, Kumar R, Drolet CE, Bs MA, Hanks T, Yamaguchi K, Krause K, Nemani VM, Leveque JC, Louie PK. What is the early fate of adjacent segmental lordosis compensation at L3-4 and L5-S1 following a lateral versus transforaminal lumbar Interbody Fusion at L4-5? *Eur Spine J*. 2024;33:3503–3508. DOI: 10.1007/s00586-024-08384-6
21. Loubeyre J, Ferrero E, Jmal MM, Guigui P, Khalif M. Surgical treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis: Effect of TLIF and slip reduction on sagittal alignment. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2023;109:103541. DOI: 10.1016/j.otsr.2022.103541
22. Farber SH, Dugan RK, White MD, Walker CT, Neill LKO, Alan N, Zhou JJ, Turner JD, Tumial n LM, Uribe JS. A comparison of modern-era anterior lumbar interbody fusion and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion at the lumbosacral junction. *J Neurosurg Spine*. 2023;39:785–792. DOI: 10.3171/2023.5.SPINE221224
23. Yingsakmongkol W, Jitpakdee K, Varakornpipat P, Choentrakool C, Tanasansomboon T, Limthongkul W, Singhatanadgige W, Kotheeranurak V. Clinical and radiographic comparisons among minimally invasive lumbar interbody fusion: a comparison with three-way matching. *Asian Spine J*. 2022;16:712–722. DOI: 10.31616/asj.2021.0264
24. Xie H, Ouyang Z, Zhang H. Radiographic analysis of pedicle screw retractor-assisted transforaminal lumbar interbody fusion for single-segment spondylolisthesis in adults: a retrospective study and technical note. *Orthop Surg*. 2022;14:2219–2229. DOI: 10.1111/os.13441
25. Berlin C, Zang F, Halm H, Quante M. Preoperative lordosis in L4/5 predicts segmental lordosis correction achievable by transforaminal lumbar interbody fusion. *Eur Spine J*. 2021;30:1277–1284. DOI: 10.1007/s00586-020-06710-2
26. Li R, Shao X, Li X, Liu Y, Jiang W. Comparison of clinical outcomes and spino-pelvic sagittal balance in degenerative lumbar spondylolisthesis: Minimally invasive oblique lumbar interbody fusion (OLIF) versus transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF). *Medicine (Baltimore)*. 2021;100:e23783. DOI: 10.1097/MD.00000000000023783
27. Спиридонов А.В., Пестряков Ю.Я., Калинин А.А., Бывальцев В.А. Анализ влияния параметров позвоночно-тазового баланса на риск развития дегенерации и дегенеративного заболевания смежных сегментов после проведения поясничной ригидной фиксации. *Инновационная медицина Кубани*. 2021;(3): 24–30. [Spiridonov AV, Pestryakov YuYa, Kalinin AA, Byvaltshev VA. Analysis of the influence parameters spino-pelvic balance on the risk of development degeneration and degenerative disease of adjacent segments after lumbar spine rigid fixation. *Innovative Medicine of Kuban*. 2021;(3):24–30]. DOI: 10.35401/2500-0268-2021-23-3-24-30 EDN: FVMJWN
28. Zhu L, Wang P, Zhang L, Feng X, Zhang W. Comparison of minimally invasive transforaminal and anterolateral lumbar interbody fusion for treatment of low-grade lumbar spondylolisthesis. *Clin Spine Surg*. 2022;35:E285–E291. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001256
29. Khalifeh JM, Massie LW, Dibble CF, Dorward IG, Macki M, Khandpur U, Alshohateh K, Jain D, Chang V, Ray WZ. Decompression of lumbar central spinal canal stenosis following minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Clin Spine Surg*. 2021;34:E439–E449. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001192

30. Hung SF, Liao JC, Tsai TT, Li YD, Chiu PY, Hsieh MK, Kao FC. Comparison of outcomes between indirect decompression of oblique lumbar interbody fusion and MIS-TLIF in one single-level lumbar spondylosis. *Sci Rep*. 2021;11:12783. DOI: 10.1038/s41598-021-92330-9
31. Bassani R, Morselli C, Querenghi AM, Nuara A, Sconfienza LM, Peretti GM. Functional and radiological outcome of anterior retroperitoneal versus posterior transforaminal interbody fusion in the management of single-level lumbar degenerative disease. *Neurosurg Focus*. 2020;49:E2. DOI: 10.3171/2020.6.FOCUS20374
32. Oikonomidis S, Heck V, Bantle S, Scheyerer MJ, Hofstetter C, Budde S, Eysel P, Bredow J. Impact of lordotic cages in the restoration of spinopelvic parameters after dorsal lumbar interbody fusion: a retrospective case control study. *Int Orthop*. 2020;44:2665–2672. DOI: 10.1007/s00264-020-04719-2
33. Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakos J, Lenke L, Tropiano P, Ames C, Smith JS, Shaffrey CI, Glassman S, Farcy JP, Lafage V. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery*. 2014;74:112–120. DOI: 10.1227/NEU.00000000000001820.
34. Климов В.С., Халепа Р.В., Амелина Е.В., Евсюков А.В., Кривошапкин А.Л., Рыбых С.О. Синдромальная оценка дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):31–45. [Klimov VS, Khalepa RV, Amelina EV, Evsukov AV, Krivoschapkin AL, Ryabykh SO. Syndromic assessment of degenerative disorders of the lumbar spine in elderly patients. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):31–45]. DOI: 10.17816/2311-2905-12024 EDN: GKVIBG
35. Tian H, Wu A, Guo M, Zhang K, Chen C, Li X, Cheng X, Zhou T, Murray SS, Sun X, Zhao J. Adequate restoration of disc height and segmental lordosis by lumbar interbody fusion decreases adjacent segment degeneration. *World Neurosurg*. 2018;118:e856–e864. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.07.075
36. Крутько А.В., Рерих В.В., Прохоренко В.М., Леонова О.Н. *Нарушение сагиттального баланса при заболеваниях и повреждениях позвоночника*. Новосибирск, 2020. [Krutko AV, Rerikh VV, Prokhorenko VM, Leonova ON. *Violation of the Sagittal Balance in Diseases and Injuries of the Spine: a textbook*. Novosibirsk, 2020]. EDN: DXCFPO
37. Le Huec JC, Leijssen P, Duarte M, Aunoble S. Thoracolumbar imbalance analysis for osteotomy planification using a new method: FBI technique. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 5:669–680. DOI: 10.1007/s00586-011-1935-y
38. Сериков В.В., Мануковский В.А., Виссарионов С.В., Тамаев Т.И., Афанасьев И.С. Нейроортопедический подход в лечении дегенеративных стенозов при короткосегментных декомпрессионно стабилизирующих вмешательствах на нижнепоясничном отделе позвоночника. *Современные проблемы науки и образования*. 2023;(1):37–37. [Serikov VV, Manukovskiy VA, Vissarionov SV, Tamaev TI, Afanaseva IS. Neuroorthopedic approach in the degenerative stenosis treatment with short-segment decompression and fusion on the lower lumbar spine. *Modern Problems of Science and Education*. 2023;(1):37–37]. DOI: 10.17513/spno.32403 EDN: EUOAEW
39. Pizones J, Moreno-Manzanaro L, Sánchez Pérez-Grueso FJ, Vila-Casademunt A, Yilgor C, Obeid I, Alanay A, Kleinst ck F, Acaroglu ER, Pellis F. Restoring the ideal Roussouly sagittal profile in adult scoliosis surgery decreases the risk of mechanical complications. *Eur Spine J*. 2020;29:54–62. DOI: 10.1007/s00586-019-06176-x
40. Алейник А.А., Млявых С.Г., Боков А.Е., Тарамженин М.В. Влияние локального лордозизирующего трансфораминального межтелового спондилодеза на смежные сегменты и позвоночно-тазовые отношения. Рентгенологическое исследование. *Гений Ортопедии*. 2018;24(3):341–348. [Aleinik A, Mliavykh S, Bokov A, Taramzhenin M. Influence of local lordosing transforaminal lumbar interbody fusion on adjacent segments and spino-pelvic relationships. Radiographic study. *Genij Ortopedii*. 2018;24(3):341–348]. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-341-348 EDN: XZLFRJ

Адрес для переписки:

Кузьмин Никита Сергеевич
 115172, Россия, Москва, Новоспасский переулок, 9,
 НИИЦ ТО им. Н.Н. Приорова,
 nikuzmin1997@gmail.com

Address correspondence to:

Kuzmin Nikita Sergeevich
 National Medical Research Center
 of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov,
 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia,
 nikuzmin1997@gmail.com

Статья поступила в редакцию 01.06.2025

Рецензирование пройдено 08.08.2025

Подписано в печать 12.08.2025

Received 01.06.2025

Review completed 08.08.2025

Passed for printing 12.08.2025

Ольга Николаевна Леонова, канд. мед. наук, ученый секретарь, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 4907-0634, ORCID: 0000-0002-9916-3947, onleonova@gmail.com;
 Никита Сергеевич Кузьмин, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 2978-5700, ORCID: 0009-0007-7447-024X, nikuzmin1997@gmail.com;
 Евгений Сергеевич Байков, канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения хирургии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 5367-5438, ORCID: 0000-0002-4430-700X, Evgen-bajk@mail.ru;
 Александр Владимирович Крутько, д-р мед. наук, заведующий отделением хирургии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 8006-6351, ORCID: 0000-0002-2570-3066, KrutkoAV@cito-priorov.ru.

Olga Nikolayevna Leonova, MD, PhD, scientific secretary, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 4907-0634, ORCID: 0000-0002-9916-3947, onleonova@gmail.com;

Nikita Sergeyevich Kuzmin, MD, orthopedic traumatologist, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 2978-5700, ORCID: 0009-0007-7447-024X, nikkuzmin1997@gmail.com;

Evgenii Sergeyevich Baykov, MD, PhD, neurosurgeon, Department of spine surgery, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 5367-5438, ORCID: 0000-0002-4430-700X, Evgen-bajk@mail.ru;

Aleksandr Vladimirovich Krutko, DMSc, head of Department of spine surgery, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 8006-6351, ORCID: 0000-0002-2570-3066, KrutkoAV@cito-priorov.ru.