

ЛАТЕРАЛЬНЫЙ КОСОЙ (ПРЕПСОАС) ДОСТУП ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОЯСНИЧНОГО СПОНДИЛОДЕЗА (ОБЗОР)

DOI: 10.17691/stm2021.13.5.09

УДК 616.711.6–089

Поступила 21.09.2021 г.

**А.Я. Алейник**, к.м.н., врач-нейрохирург Института травматологии и ортопедии¹;**С.Г. Млявых**, к.м.н., руководитель Института травматологии и ортопедии¹;**S. Qureshi**, MD, MBA, Associate Attending Orthopedic Surgeon²; Associate Professor of Orthopedic Surgery³¹Приволжский исследовательский медицинский университет, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Н. Новгород, 603005;²Hospital for Special Surgery, 535 East 70th St., New York, NY, 10021, USA;³Weill Cornell Medical College, 1300 York Avenue, New York, NY, 10065, USA

Поясничный спондилодез — одна из самых частых операций в спинальной хирургии. Для ее выполнения в настоящее время все чаще используется переднебоковой (препсоас) доступ (oblique lumbar interbody fusion, OLIF), сочетающий в себе высокую эффективность и безопасность для пациента. Однако информации о клинических и рентгенологических результатах применения данной методики пока недостаточно.

Цель исследования — проанализировать безопасность и эффективность методики OLIF при лечении широкого спектра патологий поясничного отдела позвоночника по данным литературных источников.

Материалы и методы. Проведен анализ литературы по теме результативности методики OLIF с использованием электронных баз данных Ovid Medline, PubMed, eLIBRARY.RU. Поиск осуществляли по ключевым словам Oblique Lumbar Interbody Fusion, OLIF, Anterior to Psoas Lumbar Interbody Fusion, ATP.

Результаты. В окончательный анализ включено 17 источников, в которых проанализировано лечение 2900 пациентов, отмечено 403 осложнения (13,9%). При этом частота тяжелых стойких осложнений составила менее 1%. На основании полученных данных проведено сопоставление клинических и рентгенологических результатов OLIF с аналогичными показателями при использовании других вариантов поясничного спондилодеза.

Заключение. OLIF является эффективным, универсальным и минимально травматичным вариантом поясничного спондилодеза с относительно небольшим количеством осложнений, что дает ему преимущество по сравнению с другими ретроперитонеальными доступами. Тем не менее техника OLIF не позволяет полностью избежать осложнений, связанных с вентральным доступом, и не во всех случаях может обеспечить адекватную декомпрессию позвоночного канала. Роль вентрального доступа в хирургии деформаций позвоночника также остается ограниченной, адекватная коррекция деформации в большинстве случаев возможна лишь в сочетании с дорсальными доступами.

Ключевые слова: поясничный спондилодез; передний поясничный спондилодез; переднебоковой поясничный спондилодез; ретроперитонеальный доступ; oblique lumbar interbody fusion; OLIF; anterior to psoas lumbar interbody fusion; ATP.

Как цитировать: Aleinik A.Ya., Mlyavykh S.G., Qureshi S. Lumbar spinal fusion using lateral oblique (pre-psoas) approach (review). *Sovremennye tehnologii v medicine* 2021; 13(5): 70–82, <https://doi.org/10.17691/stm2021.13.5.09>

Для контактов: Алейник Александр Яковлевич, e-mail: aaleynik@yandex.ru

English

Lumbar Spinal Fusion Using Lateral Oblique (Pre-psoas) Approach (Review)

A.Ya. Aleinik, MD, PhD, Neurosurgeon, Institute of Traumatology and Orthopedics¹;

S.G. Mlyavykh, MD, PhD, Director of the Institute of Traumatology and Orthopedics¹;

S. Qureshi, MD, MBA, Associate Attending Orthopedic Surgeon²; Associate Professor of Orthopedic Surgery³

¹Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russia;

²Hospital for Special Surgery, 535 East 70th St., New York, NY, 10021, USA;

³Weill Cornell Medical College, 1300 York Avenue, New York, NY, 10065, USA

Lumbar spinal fusion is one of the most common operations in spinal surgery. For its implementation, anterolateral (pre-psoas) approach (oblique lumbar interbody fusion, OLIF) is now increasingly used due to its high efficacy and safety. However, there is still little information on the clinical and radiological results of using this technique.

The aim of the study was to analyze the safety and efficacy of OLIF in the treatment of lumbar spine disorders as presented in the literature.

Materials and Methods. The systematic electronic search was performed using the Ovid Medline, PubMed, and eLIBRARY.RU electronic databases. The following search key words were used: Oblique Lumbar Interbody Fusion, OLIF, Anterior to Psoas Lumbar Interbody Fusion, and ATP.

Results. For the final analysis, 17 sources were selected; with a total of 2900 patients. Total complication rate was 13.9% (403 cases). The incidence of severe persistent complications was less than 1%. Based on the data obtained, we compared the clinical and radiological results of OLIF with other lumbar fusion methods.

Conclusion. OLIF is an effective, versatile, and minimally traumatic option for lumbar fusion with relatively few complications, which makes it superior to other retroperitoneal approaches. However, the OLIF technique is not completely free of complications associated with the ventral approach, and it cannot provide adequate decompression of the spinal canal in all cases. In addition, anterior approach surgery is still of limited use in cases of spinal deformities; adequate correction of deformity is achievable mainly in combination with posterior surgery.

Key words: lumbar fusion; anterior lumbar fusion; anterolateral lumbar fusion; retroperitoneal access; oblique lumbar interbody fusion; OLIF; anterior to psoas lumbar interbody fusion; ATP.

Введение

Поясничный межтеловой спондилодез до настоящего времени является «золотым стандартом» проведения стабилизирующей операции при широком спектре патологий поясничного отдела позвоночника. Однако, несмотря на этот факт, не существует общепринятой методики данной операции, поэтому перед хирургом встает непростой выбор оптимального способа с учетом его технических навыков и потребностей пациента.

Так, с середины прошлого века широкое распространение получил передний межтеловой спондилодез (anterior lumbar interbody fusion, ALIF). К преимуществам данного варианта операции можно отнести хорошее восстановление высоты межпозвоночного промежутка и сегментарного лордоза с формированием надежного костного блока. Тем не менее исполнение этой методики сопряжено с рисками повреждения магистральных сосудов, мочеточников, органов брюшной полости и, соответственно, требует от оперирующего навыков полостной и сосудистой хирургии. Ряд авторов для выполнения хирургического доступа ре-

комендуют прибегать к помощи хирургов общей практики и сосудистых хирургов, что в некоторых странах является необходимым условием [1]. В современной действительности при чрезвычайно высокой специализации врачей популярность данного доступа среди спинальных хирургов снижается.

Избежать трудностей, связанных с вентральным доступом к позвоночнику, позволяет применение традиционного минимально-инвазивного заднего доступа, знакомого большинству спинальных нейрохирургов и ортопедов. Первое описание методики заднего межтелового спондилодеза (posterior lumbar interbody fusion, PLIF) дано в работе Н. Briggs и P.R. Milligan в 1944 г. [2], а в конце прошлого века наибольшее распространение приобрел трансфораминальный спондилодез (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF). Этот вариант проведения операции, внедренный J. Harms и H. Rolinger [3], позволяет из привычного заднего доступа выполнить надежный межтеловой спондилодез, проведя при этом «прямую» декомпрессию позвоночного канала без необходимости значительной тракции дурального мешка и спинномозговых корешков. Именно благодаря простоте доступа и широким

возможностям этот вариант выполнения поясничного спондилодеза до настоящего времени наиболее распространён и применяется в большей или меньшей степени всеми хирургами.

Однако при непосредственном доступе в позвоночный канал существует риск повреждения элементов его содержимого (дурального мешка, спинномозговых корешков, эпидуральных сосудов), а при выполнении заднего доступа происходит механическое травмирование паравертебральной мускулатуры. Для снижения операционной травмы большинство хирургов прибегают к минимально инвазивной методике проведения операции (miniTLIF).

Ещё одним недостатком задних вариантов спондилодеза является постепенное кифозирование оперированного сегмента из-за «просаживания» (subsidence) кейджа в тела позвонков, к тому же риск развития псевдоартроза несколько выше, чем при ALIF [4].

Сравнительно недавно разработан и внедрен в широкую практику прямой латеральный межтеловой спондилодез (direct lateral interbody fusion, DLIF). Для обозначения прямого бокового доступа используются термины XLIF, ELIF (extreme lateral interbody fusion). При этом осуществляется минимально-инвазивный доступ к боковой поверхности межпозвонкового диска через поясничную мышцу. Данный доступ позволяет с минимальной хирургической травмой осуществлять надёжный межтеловой спондилодез и проводить коррекцию фронтальных деформаций позвоночника с использованием больших опорных кейджей. Однако практика показала, что при таком варианте доступа даже в случае применения нейрофизиологического мониторинга существует высокий риск повреждения поясничного сплетения. Это приводит к возникновению нового неврологического дефицита, частота которого, по данным литературы, может достигать 75% [5–9].

Для снижения вероятности этих осложнений латеральный доступ был модифицирован, результатом чего явилась разработка непрямого бокового забрюшинного доступа, или препсоас-доступа (oblique lumbar interbody fusion, OLIF; anterior to psoas lumbar interbody fusion, ATP). При данном варианте подход к диску осуществляется через анатомическое окно между магистральными сосудами и поясничной мышцей. Впервые техника этого доступа описана ещё в работе Н.М. Mayer в 1997 г. [10], однако термин OLIF был введен значительно позднее — в 2012 г. в работе С. Silvestre и соавт. [11]. Анатомические особенности траектории доступа были детально изучены, при этом отмечена возможность безопасного проведения операции на уровнях с L₁- до S₁-позвонка в большинстве ситуаций [12]. Эти данные были подтверждены МРТ-исследованиями [13]. Хирургические особенности ретроперитонеального пространства также подробно описаны в литературе [14].

Таким образом, OLIF в настоящее время является одним из оптимальных вариантов поясничного

спондилодеза, сочетающим в себе высокую эффективность и безопасность для пациента. Однако до настоящего времени количество исследований, оценивающих рентгенологический и клинический результаты применения данной методики, ограничено. В русскоязычной литературе публикации отсутствуют.

Цель настоящего исследования — проанализировать безопасность и эффективность методики OLIF при лечении широкого спектра патологий поясничного отдела позвоночника по данным литературных источников.

Материалы и методы

Поиск был выполнен в электронных базах данных Ovid Medline, PubMed, eLIBRARY.RU по ключевым словам Oblique Lumbar Interbody Fusion, OLIF, Anterior to Psoas Lumbar Interbody Fusion, ATP. Для включения в полнотекстовый анализ отбирали работы, соответствующие следующим критериям: 1) объектом исследования должны являться пациенты, которым проводился поясничный межтеловой спондилодез по методике OLIF на одном или нескольких уровнях в сочетании с малоинвазивной фиксацией; 2) критерием оценки эффективности применения методики должны служить рентгенологические и/или клинические данные, отражающие результат хирургического лечения по одному или нескольким показателям:

- частота осложнений и их структура;
- оценка длительности операции, операционной кровопотери, длительности госпитализации;
- анализ клинического результата: уровень болевого синдрома, уровень ограничения жизнедеятельности по опроснику Освестри;
- оценка рентгенологического результата: восстановление высоты диска, сегментарного лордоза, улучшение параметров сагиттального баланса, частота успешного формирования костного блока, а также увеличение площади поперечного сечения позвоночного канала.

Критериями исключения являлись исследования с малым объемом выборки, описания клинических случаев работы с принципиальными изменениями хирургической техники. Рассматривались только англо- и русскоязычные статьи.

Отбор статей и анализ проводили независимо друг от друга два специалиста с опытом работы в спинальной хирургии более 10 лет. Последний отбор публикаций выполнен 1 декабря 2020 г. На первом этапе осуществляли поиск по ключевым словам, указанным выше (отобрано 98 источников). На втором этапе проводили анализ заголовков с исключением повторяющихся названий публикаций (отобрано 94 источника для анализа резюме). На третьем этапе выполнен анализ резюме отобранных работ, в результате которого исключены статьи, не удовлетворяющие критериям включения, обзоры литературы, повторные публикации результатов одной серии пациентов, статьи

на других языках (отобрано 22 источника для полнотекстового анализа). После полнотекстового анализа исключены статьи, в которых техника хирургического вмешательства принципиально отличалась от классической. При отборе статей в случае возникновения разногласий по какой-либо публикации проводили

совместное обсуждение о включении или не включении работы в обзор для анализа с привлечением дополнительных экспертов. Для окончательного анализа отобрано 17 источников. Схема литературного поиска показана на рис. 1. Статьи, отобранные для анализа, представлены в табл. 1.

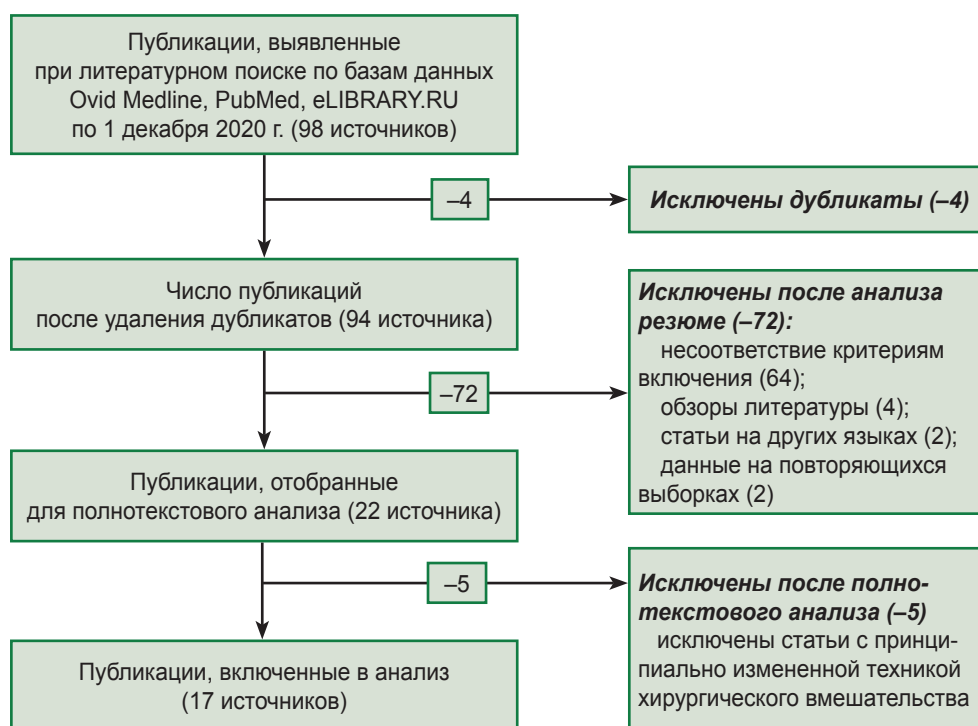


Рис. 1. Структурная схема литературного поиска

Таблица 1
Статьи, включенные в анализ

Исследование	Год	LE	Число пациентов	Число сегментов	Средний возраст, лет	Патологии	Период наблюдения, мес	Показатели	Частота осложнений, %
Patel N.P. et al. [15]	2010	3	23	36	61	DDD, DDEF	24	ОСЛ	21,70
Silvestre C. et al. [11]	2012	3	179	318	54,1	DDD, DH, SL, SS, DDEF	12	ОСЛ	11,73
Ohtori S. et al. [16]	2015	3	35	51	67	SL, SS, DDEF	6	ОСЛ, КЛ	20
Fujibayashi S. et al. [17]	2015	3	28	52	65,3	DDD, SS	После операции	ОСЛ, РГ	28,50
Mehren C. et al. [18]	2016	4	812		63	DDD	После операции	ОСЛ	3,70
Abe K. et al. [19]	2016	3	155		63,5	DDD	После операции	ОСЛ	48,30
Molloy S. et al. [20]	2016	3	64	120	63,5	DDD	18	ОСЛ, КЛ	40,60
Gragnaniello C., Seex K. [21]	2016	3	24	32	62,4	DDD, SL	6	ОСЛ, КЛ	33,0
Woods K.R.M. et al. [22]	2017	4	137	340	62	DDD, SL, SS, DDEF	6	ОСЛ, РГ	11,70
Sato J. et al. [23]	2017	3	20	20	69	SL	6	ОСЛ, РГ	25,0
Lin G.X. et al. [24]	2018	3	25	25	64	SS, SL, DDD на уровне L ₄ -L ₅	24	ОСЛ, КЛ, РГ	36,0

Исследование	Год	LE	Число пациентов	Число сегментов	Средний возраст, лет	Патологии	Период наблюдения, мес	Показатели	Частота осложнений, %
Zeng Z.Y. et al. [25]	2018	3	144		61,9	DDD, DH, SL, SS, DDEF	15	ОСЛ, КЛ, РГ	32,34
Miscusi M. et al. [26]	2018	3	14	18	57,4	DDD	38	ОСЛ, КЛ, РГ	7,10
Jin C. et al. [27]	2018	3	63	93	67,1	DDD	18	ОСЛ, КЛ, РГ	28,57
Tannoury T. et al. [28]	2019	4	940	2429	58,9	DDD, SL, SS, DDEF	12	ОСЛ	8,20
Chang S.Y. et al. [29]	2019	3	169	262	67,7	DDD, SL, SS, DDEF	12	ОСЛ, КЛ, РГ	16,60
Beng T.B. et al. [30]	2019	3	28	28	74	DDEF	После операции	ОСЛ, РГ	17,86

Здесь: LE (level of evidence) — уровень доказательности; DDD (degenerative disc disease) — дегенеративные заболевания межпозвоночных дисков; SL (spondylolisthesis) — спондилолистез; DDEF (deformity) — дегенеративная деформация; SS (spinal stenosis) — спинальный стеноз; DH (disc herniation) — грыжа диска; ОСЛ (осложнения) — структура и частота осложнений; КЛ — клинический результат; РГ — рентгенологический результат.

Результаты и обсуждение

Структура и частота осложнений

Данные о структуре и частоте осложнений, приведенные в исследуемых статьях, показаны в табл. 2.

Все отобранные для анализа работы дают характеристику осложнений, связанных с хирургическим вмешательством, при этом отмечаются достаточно широкие колебания в показателях общего числа осложнений — от 3,7% [22] до 48,3% [19] (см. табл. 2). Авторы отмечают, что из выявленных осложнений частота стойких составляет 1,9%. При анализе всех включенных в обзор пациентов (n=2900) отмечено 403 осложнения (13,9%). Для сравнения, общее среднее число осложнений по данным метаанализов для TLIF — 19,25% и ELIF — 31,4% [31], для ALIF — 14,1% [32].

Несмотря на то, что цель разработки методики OLIF состояла в том, чтобы избежать осложнений, присущих альтернативным способам вентрального межтелового спондилодеза — ALIF и ELIF, в структуре осложнений OLIF по-прежнему представлены осложнения, характерные для обоих указанных вариантов проведения операции. Так, большинство авторов отмечают возможность возникновения сосудистых осложнений (частота — от 0 до 5%), хотя следует отметить, что во многих случаях речь идет о повреждении сегментарных сосудов, не влекущем за собой серьезных последствий, а число повреждений магистральных сосудов составляет менее 1% [23, 24].

В то же время при ALIF повреждение магистральных сосудов встречается в 2,9–7,2% случаев, т.е. имеется существенно больший риск фатальных осложнений, что зачастую требует привлечения сосудистого хирурга для выполнения доступа к межпозвоночному

диску [33, 34]. При OLIF доступ в большинстве случаев выполняется спинальным хирургом.

После проведения OLIF в некоторых случаях наблюдается ретроградная эякуляция у мужчин (0,2–0,7%). Это осложнение обычно характерно для ALIF, частота его может превышать 1,7%, а для уровня L₅–S₁ — еще выше [35]. Безусловно, риск возникновения данного осложнения при OLIF минимален и описывается лишь в двух исследованиях [22, 28] с большими выборками пациентов. Однако, несмотря на малую встречаемость, вероятность данного осложнения должна быть учтена при планировании операции, особенно у молодых мужчин на уровне L₅–S₁.

Кроме того, описаны повреждения таких органов брюшинного пространства, как мочеточники (частота не превышает 1,59%, а в большинстве исследований равна 0). В частности, приведен клинический случай вторичного стеноза мочеточника с развитием атрофии почки. Тем не менее риск такого осложнения также должен быть принят во внимание и функция почек должна быть отслежена в отдаленном периоде, особенно в случаях смещения кейджа за границы тела позвонка по данным рентгенографии [36].

Частым ранним осложнением послеоперационного периода при забрюшинном доступе является парез кишечника, который служит нормальной физиологической реакцией на оперативное вмешательство в пределах 48 ч, а после этого срока считается патологическим. При OLIF частота патологического пареза кишечника может достигать 12,5%, однако в ряде исследований данное осложнение не описывается совсем. По всей видимости, временный парез кишечника трактуется как осложнение не всеми авторами [37].

Крайне негативным для пациента и хирурга осложнением после проведения спондилодеза является

Таблица 2

Частота и структура осложнений OLIF

Исследование	Год	Число пациентов	Вмешательство на уровне L ₅ -S ₁	Средний возраст, лет	Период наблюдения, мес	Общее число осложнений, %	Осложнения, %											
							инфекционные	сосудистые	ретроградная эякуляция	парез кишечника	повреждение мочеочочника	двигательные	сенсорные	боль в бедре	симпатэтомия	травма ТМО	псевдоартроз и нестабильность винтов	перелом позвонка
Patel N.P. et al. [15]	2010	23	0	61	24	21,70									4,35 (1 случай)		0	
Silvestre C. et al. [11]	2012	179	1	54,1	12	11,73	1,68	0,56			1,12	2,20	1,70	0,56			0,56	
Ohtori S. et al. [16]	2015	35	0	67	6	20	2,86				2,86	8,57	2,86				2,86	
Fujibayashi S. et al. [17]	2015	28	1	65,3	После операции	28,50					7,14	7,14						
Mehren C. et al. [18]	2016	812	0	63	После операции	3,70	0,62	0,37	0,24	0,12	0,24	0,24						
Abe K. et al. [19]	2016	155	1	63,5	После операции	48,30	1,90	2,60	0,65	1,2	13,5						18,70	1,90
Molloy S. et al. [20]	2016	64	1	63,5	18	40,60	3,10		12,50	4,70			6,30				4,70	
Graganiello C., Seex K. [21]	2016	24	0	62,4	6	33	4,17			12,50	8,30						4,17	
Woods K.R.M. et al. [22]	2017	137	1	62	6	11,70			0,70	2,90							4,40	
Sato J. et al. [23]	2017	20	0	69	6	25	5				5	5					10	
Lin G.X. et al. [24]	2018	25	0	64	24	36	4				8	12	8					
Zeng Z.Y. et al. [25]	2018	235	0	61,9	15	32,34	2,98	0,85		5,11	2,98	2,98	1,28			1,28	9,36	
Miscusi M. et al. [26]	2018	14	0	57,4	38	7,10				5							0	
Jin C. et al. [27]	2018	63	0	67,1	18	28,57			1,59	14,29	3,18	6,35	1,59					
Tannoury T. et al. [28]	2019	940	1	58,9	12	8,20	0,20	0,30	0,20	1	0,95	2,60	0,50	0,50	0,30		1,50	
Chang S.Y. et al. [29]	2019	169	1	67,7	12	16,60	0,60	1,80		0,60				1,20			32	
Beng T.B. et al. [30]	2019	28	0	74,12	После операции													

Здесь ТМО — твердая мозговая оболочка.

появление нового неврологического дефицита. По данным литературы [5–9], чаще всего это осложнение возникает при доступе через *m. psoas* (ELIF), что связано с повреждением поясничного сплетения, проходящего по поверхности и в толще поясничной мышцы. Риск двигательного дефицита при этом может достигать 20–36%, сенсорных нарушений — 25–75%, более в передних отделах бедра — 23–60%. Большинство приверженцев данного доступа рекомендуют использование нейрофизиологического мониторинга при проведении операции, но даже при этом частота неврологических осложнений остается сравнительно высокой — 8,1% [38].

При OLIF риск повреждения поясничного сплетения также существует, но он существенно ниже, так как доступ осуществляется через анатомический коридор в обход поясничной мышцы и нервных стволов поясничного сплетения. Риск развития временного двигательного дефицита составляет 0–12,5%, сенсорных нарушений — 0–14,3%, более в области передней поверхности бедра — 0–12% [21, 24, 27, 39]. Кроме того, при данном варианте доступа существует риск специфического неврологического осложнения — повреждения симпатической нервной цепочки, клинически выражающегося в повышении температуры нижней конечности на ипсилатеральной стороне выполнения доступа. Частота данного осложнения может достигать 8%. Однако в большинстве случаев такие проявления являются временными и проходят в течение нескольких недель, стойкая симптоматика наиболее характерна в случае доступа на трех и более уровнях [24].

При задних доступах (PLIF, TLIF) структура неврологических осложнений существенно отличается, прежде всего они обусловлены воздействием на спинномозговые корешки в области межпозвоночного отверстия и на дуральный мешок в позвоночном канале. Частота развития временного неврологического дефицита может достигать 20,16%, стойкого чувствительного дефицита — 2,22%, стойкого двигательного дефицита — 1,01% [31]. Наиболее частой причиной этих осложнений являются повреждение твердой мозговой оболочки (ТМО) и неправильное положение винтов [40]. Некоторые авторы также описывают случаи повреждения ТМО и при OLIF — до 6,3% [20]. По всей видимости, это связано с техническими особенностями проведения операции, так как большинство авторов подобных осложнений не отмечают. При классической технике выполнения операции доступ в позвоночный канал не осуществляется, а требуемая декомпрессия достигается непрямым методом. Тем не менее описана техника проведения прямой вентральной микрохирургической декомпрессии позвоночного канала при выполнении OLIF [41]. При такой технике существует риск ранения ТМО, но в то же время возможность проведения прямой декомпрессии служит, безусловно, преимуществом по сравнению с ELIF, когда возможна лишь непрягая декомпрессия.

Существенной проблемой при межтеловом спондилодезе является проседание кейджа в тела позвонков из-за повреждения замыкательных пластин (*subsidence*). Так, по данным метаанализа [42], частота данного осложнения при латеральном спондилодезе составляет 10%, что в 2,7% случаев требует повторной операции. Не лишен риска данного осложнения и OLIF. Его частота может достигать 32% [29], хотя в большинстве исследований не превышает 10% [22, 25, 26], в среднем среди всех рассматриваемых нами случаев — 3,9%. Эти данные соответствуют значениям, полученным для ELIF. По всей видимости, высокая частота повреждения замыкательных пластин в ряде исследований связана с тем, что авторы проводили верификацию *subsidence* по данным КТ, а в этом случае показатели существенно выше, поскольку выявляются такие малые степени проседания, которые нельзя отметить на рентгенограмме. При TLIF частота *subsidence* значимо выше — 15,9% [43], что связано с меньшей площадью опоры кейджа [44]. По данным ряда авторов, при боковом спондилодезе существует значительный риск повреждения замыкательных пластин во время операции при установке кейджа большого размера у пациентов со сниженной плотностью костной ткани. Интраоперационное повреждение замыкательных пластин отмечено более чем в 10% случаев [45]. Наименьший риск данного осложнения показан при ALIF, так как при вентральном доступе проводится широкий релиз передней продольной связки, что обеспечивает максимальную доступность и мобильность межпозвоночного промежутка; устанавливаемые при этом доступе кейджи имеют наибольшую площадь опоры. Даже при отсутствии дорсальной фиксации проседание кейджа более 2 мм наблюдается лишь у 10,2% пациентов [46].

Одной из важнейших характеристик методики, используемой для выполнения спондилодеза, является риск развития псевдоартроза. Так, при OLIF частота псевдоартроза не превышает 1,2% [29]. Отмечается формирование полного костного сращения у 94,9% пациентов уже через 6 мес после операции [22]. Следует учесть тот факт, что в анализе мы рассматриваем результаты OLIF в комбинации с винтовой дорсальной фиксацией. Однако OLIF может также выполняться с вентральной фиксацией [47] или без фиксации [48], при этом риск нежелательных явлений, связанных с формированием псевдоартроза и *subsidence*, повышается, но снижается травматичность вмешательства, исключаются осложнения, связанные с установкой винтов.

При ALIF с винтовой фиксацией спондилодез также успешно формируется у большинства пациентов — до 97,4% [49]. При TLIF показатели формирования костного блока так же высоки (по данным метаанализа [40]), но несколько уступают вентральным вариантам: при TLIF — 94,8%, при miniTLIF — 90,9%, что может быть объяснено меньшей площадью контакта позвонков с костными трансплантатами.

Уровень инфекционных осложнений при OLIF минимален и в больших сериях пациентов не превышает 1% [14, 18, 50]. Для сравнения, в случае TLIF частота инфекционных осложнений значимо выше: от 12% при мини-доступе и до 25% — при открытом доступе [41].

Частота ревизионных вмешательств после OLIF в больших сериях пациентов чрезвычайно мала — 0–1,9% [18, 28, 50], в малых сериях она может составлять 4–5%.

Немаловажным является тот факт, что метод OLIF является сравнительно молодым. Среди анализируемых работ нет исследований со сроком наблюдения более трех лет, а большинство ограничиваются сроком в 12 мес. По этой причине в структуре осложнений не указаны поздние осложнения, описываемые для других вариантов спондилодеза, такие как болезнь смежного уровня или нестабильность металлоконструкции.

По данным анализа прослеживается обратная зависимость общего числа осложнений и числа включенных в исследование пациентов. Данный факт, по всей видимости, связан с таким явлением, как «кривая обучения»: в тех клиниках, где вмешательство выполняется часто и опыта у хирургов больше, осложнения встречаются статистически значимо реже. В исследовании С. Liu и J. Wang [51] показано, что время операции и число осложнений достоверно снижаются после первых 25 операций.

Оценка травматичности операции

Наиболее распространенными показателями травматичности хирургического вмешательства являются операционная кровопотеря, длительность операции и продолжительность пребывания пациента в стационаре. Среди анализируемых статей показатели рассмотрены в 7 работах (табл. 3).

Время операции при использовании OLIF — в среднем 32,5–122,0 мин (следует отметить, что в исследо-

ваниях с минимальными показателями оценивалось время проведения процедуры на одном сегменте, а не общее время операции). Кровопотеря составила 17–272 мл (при выполнении спондилодеза на одном сегменте). Длительность стационарного лечения колебалась от 4,1 до 8,5 сут.

При miniTLIF время операции составляет 116–390 мин, при TLIF — 102–365 мин; кровопотеря — 51–578 и 225–961 мл соответственно; пребывание в стационаре — 2,3–10,6 и 2,9–14,6 сут соответственно [40]. При ALIF кровопотеря в среднем составляет 122 мл, время операции — 89 мин, пребывание в стационаре — 5,3 сут [52]. Таким образом, травматичность OLIF в анализируемых работах меньше, чем TLIF и ALIF, об этом же говорят и сравнительные исследования этих техник [24, 53–55]. При ELIF показатели существенно не отличаются от данных при OLIF.

Оценка клинических результатов

До настоящего времени не разработан общепринятый критерий оценки клинического результата в спинальной хирургии. Тем не менее наиболее часто используются такие инструменты, как визуально-аналоговая шкала оценки боли (ВАШ) и индекс ограничения жизнедеятельности по опроснику Освестри. Среди отобранных исследований клиническая эффективность операций оценивалась в 9 работах, во всех отмечены достоверные улучшения показателей по данным шкалам [16, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 29, 56].

В достижении клинического эффекта немаловажную роль играет адекватная декомпрессия позвоночного канала при стенозе, только она может привести к регрессу стойкой неврологической симптоматики. При рассматриваемом варианте спондилодеза — OLIF — декомпрессия достигается благодаря так называемому эффекту непрямо́й декомпрессии: увеличение площади канала за счет восстановления анатомических соотношений в позвоночно-двигательном сегменте. На рис. 2 приведен наш клинический пример

Таблица 3

Травматичность операции OLIF

Исследование	Год	Число пациентов	Число сегментов	Вмешательство на уровне L ₅ -S ₁	Средний возраст, лет	Период наблюдения, мес	Время операции, мин	Кровопотеря, мл	Пребывание в стационаре, сут
Patel N.P. et al. [15]	2010	23	36	0	61	24		Менее 200	4,1
Silvestre C. et al. [11]	2012	179	318	1	54,1	12	32,5	57	7,1
Fujibayashi S. et al. [17]	2015	28	52	1	65,3	После операции	72,5	17	
Molloy S. et al. [20]	2016	64	120	1	63,5	18	62	33	
Woods K.R.M. et al. [22]	2017	137	340	1	62	6		82	
Lin G.X. et al. [24]	2018	25	25	0	64	24	95,96	106,4	8,52
Jin C. et al. [27]	2018	63	93	0	67,1	18	122	253	6,8

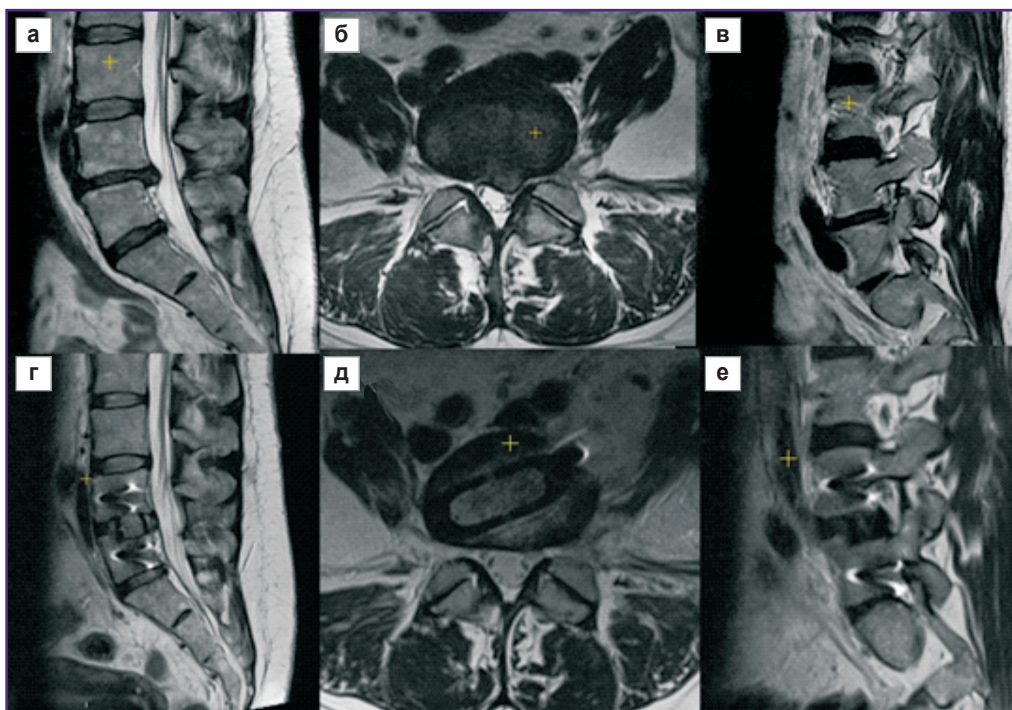


Рис. 2. Непрямая декомпрессия при OLIF

Пациентка 52 лет; диагноз: «рецидивная грыжа диска L₄-L₅, нестабильность сегмента L₄-L₅, радикулопатия L₅-позвонка слева, хронический вертебральный болевой синдром». На МРТ-изображении: сагиттальный срез в центральной части позвоночного канала (а — до операции, в — после OLIF); аксиальный срез через диск L₄-L₅ (б — до операции, д — после OLIF); сагиттальный срез на уровне левого межпозвоночного отверстия (в — до операции, е — после OLIF)

Т а б л и ц а 4

Изменения рентгенологических показателей после OLIF

Исследование	Год	Число пациентов	Число сегментов	Вмешательство на уровне L ₅ -S ₁	Средний возраст, лет	Увеличение площади канала	Угловая коррекция, град	Увеличение высоты диска	Сагиттальный баланс
Fujibayashi S. et al. [17]	2015	28	52	1	65,3	30,20%	4,5	4,5 мм	
Molloy S. et al. [20]	2016	64	120	1	63,5				ΔPT — 7°, ΔSS — 8°, ΔLL — 19°, ΔSVA — 5 см
Sato J. et al. [23]	2017	20	20	0	69	19%		61%	
Miscusi M. et al. [26]	2018	14	18	0	57,4		2,5		
Jin C. et al. [27]	2018	63	93	0	67,1		5	4,5 мм	
Beng T.B. et al. [30]	2019	28	28	0	94	27,5% (LL<0°), 32,1% (0°<LL<20°), 60,4% (LL>20°)		45,30%	

З д е с ь: PT — pelvic tilt (наклон таза); SS — sacral slope (наклон крестца); LL — lumbar lordosis (поясничный лордоз); SVA — сагиттальная вертикальная линия, проведенная через С₇.

достижения декомпрессии позвоночного канала и межпозвоночного отверстия при OLIF.

Как ранее было показано для ELIF, степень увеличения площади канала коррелирует с клиническим эффектом у пациентов с поясничным стенозом [57]. На этом аспекте сфокусировано три исследования из включенных в обзор [17, 23, 30] (табл. 4). По их данным, изменение поперечной площади сечения позвоночного канала увеличивается от 19,0 до 60,4%, эти показатели коррелируют с увеличением высоты межпозвоночного диска, которая составляет в среднем 4,5 мм, или 45–61% от исходной. Отмечается также пропорциональное увеличение площади межпозвоночных отверстий. Наибольший эффект наблюдается у пациентов с сохраненным поясничным лордозом до операции, при потерянном лордозе или поясничном кифозе эффект не прямой декомпрессии меньше [23]. В обзоре, посвященном ELIF [55], было показано, что наибольший эффект не прямой декомпрессии наблюдается при фораминальном стенозе (увеличение площади межпозвоночных отверстий до 35%), в то время как при центральном и субартулярном стенозах результаты не столь хороши и подтверждаются не всеми исследованиями. По этой причине рекомендуется дополнять OLIF в таких случаях задней декомпрессией.

Оценка рентгенологических результатов

В настоящее время установлено, что существенным фактором, влияющим на результаты спондилодеза, является восстановление геометрических показателей позвоночно-двигательных сегментов (см. табл. 4). Лишь в ограниченном числе исследований, включенных в обзор, приводятся данные по угловой коррекции при OLIF [17, 26, 27], при этом угловая коррекция составляет 2,5–5,0° на сегмент. Более детально данный аспект операции изучен для ELIF, например в работе S.J. Park с соавт. [58]. В исследовании показано влияние позиции кейджа на угловую коррекцию и площадь позвоночного канала. Так, при расположении межтелового имплантата в передней трети диска обеспечивается наибольшая угловая коррекция (более 6°) без негативного влияния на эффект не прямой декомпрессии.

Лишь в одном из включенных в анализ исследований показано влияние OLIF на параметры глобального сагиттального баланса и позвоночно-тазовые отношения [20]. Коррекция основных параметров, по данным этого исследования, составляет: ΔPT — 7°, ΔSS — 8°, ΔLL — 19°, ΔSVA — 5 см.

В проанализированных работах не отмечено влияния OLIF на значение фронтальной деформации. Однако мы не включали в исследование данные узконаправленных работ, сфокусированных на оценке OLIF как инструмента коррекции деформации позвоночника. Например, работа S.W. Park с соавт. [59] оценивает возможности многоуровневого OLIF в коррекции значительного сагиттального баланса без

применения задней остеотомии. Однако авторами делается акцент на том, что при проведении минимально-инвазивной транспедикулярной фиксации используются специальные приемы коррекции деформации, такие как манипуляции операционным столом для усиления поясничного лордоза, контурирование стержней с усиленным изгибом и экстенсивная межвинтовая компрессия.

В большинстве же работ, посвященных роли OLIF в коррекции деформаций позвоночника, авторы отмечают необходимость проведения задних остеотомий для достижения адекватной степени коррекции. Так в работе W.Y. Kim с соавт. [60] выявлено, что хотя межтеловой спондилодез и оказывает некоторое влияние на коррекцию баланса, основной корректирующий эффект достигается только после выполнения дорсального доступа с применением остеотомии суставных отростков или даже трехколонной остеотомии в сочетании с транспедикулярной фиксацией. Для коррекции ригидных деформаций предложено также трехэтапное лечение с применением OLIF: на первом этапе проводится задний релиз (osteotomy суставных отростков), на втором — многоуровневый OLIF и на третьем — окончательная коррекция и транспедикулярная фиксация [61]. Только такой многоэтапный подход может обеспечить адекватную коррекцию ригидных деформаций с применением вентрального спондилодеза.

В завершение хотелось бы отметить универсальность данного метода спондилодеза: он может быть применен как при широком спектре дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника, деформациях, так и при травматических поражениях, инфекциях и опухолевых поражениях [62, 63].

Заключение

OLIF является эффективным, универсальным и минимально травматичным вариантом поясничного спондилодеза с относительно небольшим количеством осложнений, что составляет его преимущество по сравнению с описанными ранее методиками TLIF, ELIF и ALIF. Тем не менее эта методика не позволяет полностью избежать трудностей, связанных с применением забрюшинного доступа (как при ALIF и ELIF), что должно быть учтено при планировании операции. Кроме того, не во всех случаях удается обеспечить адекватную декомпрессию невральных элементов при поясничном стенозе, что требует дополнительной задней декомпрессии. Остается нерешенным вопрос о применении OLIF в качестве основного инструмента коррекции деформаций позвоночника. Корректирующие возможности вентральной хирургии ограничены, не разработаны инструменты вентральной фиксации, соответствующие по эффективности транспедикулярному инструментарию. У данной группы пациентов ведущая роль принадлежит дорсальным операциям либо комбинации вентрального и дорсального доступов.

Вклад авторов: А.Я. Алейник и С.Г. Млявых независимо друг от друга проводили поиск литературы, отбор статей для анализа, участвовали в подготовке текста статьи, редактировании; S. Qureshi участвовал в обсуждении и отборе статей для анализа, в подготовке и редактировании текста обзора.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

- Hodgson A.R., Stock F.E., Fang H.S., Ong G.B. Anterior spinal fusion. The operative approach and pathological findings in 412 patients with Pott's disease of the spine. *Br J Surg* 1960; 48: 172–188, <https://doi.org/10.1002/bjs.18004820819>.
- Briggs H., Milligan P.R. Chip fusion of the low back following exploration of the spinal canal. *J Bone Joint Surg Am* 1944; 26(1): 125–130.
- Harms J., Rolinger H. A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1982; 120(3): 343–347, <https://doi.org/10.1055/s-2008-1051624>.
- Lee J.H., Jeon D.W., Lee S.J., Chang B.S., Lee C.K. Fusion rates and subsidence of morselized local bone grafted in titanium cages in posterior lumbar interbody fusion using quantitative three-dimensional computed tomography scans. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; 35(15): 1460–1465, <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181c4baf5>.
- Formica M., Berjano P., Cavagnaro L., Zanirato A., Piazzolla A., Formica C. Extreme lateral approach to the spine in degenerative and post traumatic lumbar diseases: selection process, results and complications. *Eur Spine J* 2014; 23 (Suppl 6): 684–692, <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3545-y>.
- Lykissas M.G., Aichmair A., Hughes A.P., Sama A.A., Lebl D.R., Taher F., Du J.Y., Cammisa F.P., Girardi F.P. Nerve injury after lateral lumbar interbody fusion: a review of 919 treated levels with identification of risk factors. *Spine J* 2014; 14(5): 749–758, <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.06.066>.
- Kotwal S., Kawaguchi S., Lebl D., Hughes A., Huang R., Sama A., Cammisa F., Girardi F. Minimally invasive lateral lumbar interbody fusion: clinical and radiographic outcome at a minimum 2-year follow-up. *J Spinal Disord Tech* 2015; 28(4): 119–125, <https://doi.org/10.1097/bsd.0b013e3182706ce7>.
- Moller D.J., Slimack N.P., Acosta F.L. Jr., Koski T.R., Fessler R.G., Liu J.C. Minimally invasive lateral lumbar interbody fusion and transpsoas approach-related morbidity. *Neurosurg Focus* 2011; 31(4): E4, <https://doi.org/10.3171/2011.7.focus11137>.
- Tormenti M.J., Maserati M.B., Bonfield C.M., Okonkwo D.O., Kanter A.S. Complications and radiographic correction in adult scoliosis following combined transpsoas extreme lateral interbody fusion and posterior pedicle screw instrumentation. *Neurosurg Focus* 2010; 28(3): E7, <https://doi.org/10.3171/2010.1.focus09263>.
- Mayer H.M. A new microsurgical technique for minimally invasive anterior lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997; 22(6): 691–700, <https://doi.org/10.1097/00007632-199703150-00023>.
- Silvestre C., Mac-Thiong J.M., Hilmi R., Roussouly P. Complications and morbidities of mini-open anterior retroperitoneal lumbar interbody fusion: oblique lumbar interbody fusion in 179 patients. *Asian Spine J* 2012; 6(2): 89–97, <https://doi.org/10.4184/asj.2012.6.2.89>.
- Davis T.T., Hynes R.A., Fung D.A., Spann S.W., MacMillan M., Kwon B., Liu J., Acosta F., Drochner T.E. Retroperitoneal oblique corridor to the L₂–S₁ intervertebral discs in the lateral position: an anatomic study. *J Neurosurg Spine* 2014; 21(5): 785–793, <https://doi.org/10.3171/2014.7.spine13564>.
- Molinares D.M., Davis T.T., Fung D.A. Retroperitoneal oblique corridor to the L₂–S₁ intervertebral discs: an MRI study. *J Neurosurg Spine* 2016; 24(2): 248–255, <https://doi.org/10.3171/2015.3.spine13976>.
- Kanemura T., Satake K., Nakashima H., Segi N., Ouchida J., Yamaguchi H., Imagama S. Understanding retroperitoneal anatomy for lateral approach spine surgery. *Spine Surg Relat Res* 2017; 1(3): 107–120, <https://doi.org/10.22603/ssrr.1.2017-0008>.
- Patel N.P., Birch B.D., Dement S.E., Elbert G.A. The mini-open anterolateral approach for degenerative thoracolumbar disease. *Clin Neurol Neurosurg* 2010; 112(10): 853–857, <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2010.07.008>.
- Ohtori S., Mannoji C., Orita S., Yamauchi K., Eguchi Y., Ochiai N., Kishida S., Kuniyoshi K., Aoki Y., Nakamura J., Ishikawa T., Miyagi M., Kamoda H., Suzuki M., Kubota G., Sakuma Y., Oikawa Y., Inage K., Sainoh T., Sato J., Shiga Y., Abe K., Fujimoto K., Kanamoto H., Toyone T., Inoue G., Takahashi K. Mini-open anterior retroperitoneal lumbar interbody fusion: oblique lateral interbody fusion for degenerated lumbar spinal kyphoscoliosis. *Asian Spine J* 2015; 9(4): 565–572, <https://doi.org/10.4184/asj.2015.9.4.565>.
- Fujibayashi S., Hynes R.A., Otsuki B., Kimura H., Takemoto M., Matsuda S. Effect of indirect neural decompression through oblique lateral interbody fusion for degenerative lumbar disease. *Spine (Phila Pa 1976)* 2015; 40(3): E175–E182, <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000000703>.
- Mehren C., Mayer H.M., Zandanel C., Siepe C.J., Korge A. The oblique anterolateral approach to the lumbar spine provides access to the lumbar spine with few early complications. *Clin Orthop Relat Res* 2016; 474(9): 2020–2027, <https://doi.org/10.1007/s11999-016-4883-3>.
- Abe K., Orita S., Mannoji C., Motegi H., Aramomi M., Ishikawa T., Kotani T., Akazawa T., Morinaga T., Fujiyoshi T., Hasue F., Yamagata M., Hashimoto M., Yamauchi T., Eguchi Y., Suzuki M., Hanaoka E., Inage K., Sato J., Fujimoto K., Shiga Y., Kanamoto H., Yamauchi K., Nakamura J., Suzuki T., Hynes R.A., Aoki Y., Takahashi K., Ohtori S. Perioperative complications in 155 patients who underwent oblique lateral interbody fusion surgery: perspectives and indications from a retrospective, multicenter survey. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017; 42(1): 55–62, <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000001650>.
- Molloy S., Butler J.S., Benton A., Malhotra K., Selvadurai S., Agu O. A new extensile anterolateral retroperitoneal approach for lumbar interbody fusion from L₁ to S₁: a prospective series with clinical outcomes. *Spine J* 2016; 16(6): 786–791, <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.03.044>.
- Graganiello C., Seex K. Anterior to psoas (ATP) fusion of the lumbar spine: evolution of a technique facilitated by changes in equipment. *J Spine Surg* 2016; 2(4): 256–265, <https://doi.org/10.21037/jss.2016.11.02>.

22. Woods K.R.M., Billys J.B., Hynes R.A. Technical description of oblique lateral interbody fusion at L₁–L₅ (OLIF25) and at L₅–S₁ (OLIF51) and evaluation of complication and fusion rates. *Spine J* 2017; 17(4): 545–553, <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.10.026>.
23. Sato J., Ohtori S., Orita S., Yamauchi K., Eguchi Y., Ochiai N., Kuniyoshi K., Aoki Y., Nakamura J., Miyagi M., Suzuki M., Kubota G., Inage K., Sainoh T., Fujimoto K., Shiga Y., Abe K., Kanamoto H., Inoue G., Takahashi K. Radiographic evaluation of indirect decompression of mini-open anterior retroperitoneal lumbar interbody fusion: oblique lateral interbody fusion for degenerated lumbar spondylolisthesis. *Eur Spine J* 2017; 26(3): 671–678, <https://doi.org/10.1007/s00586-015-4170-0>.
24. Lin G.X., Akbary K., Kotheeranurak V., Quillo-Olvera J., Jo H.J., Yang X.W., Mahatthanatrakul A., Kim J.S. Clinical and radiologic outcomes of direct versus indirect decompression with lumbar interbody fusion: a matched-pair comparison analysis. *World Neurosurg* 2018; 119: e898–e909, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.08.003>.
25. Zeng Z.Y., Xu Z.W., He D.W., Zhao X., Ma W.H., Ni W.F., Song Y.X., Zhang J.Q., Yu W., Fang X.Q., Zhou Z.J., Xu N.J., Huang W.J., Hu Z.C., Wu A.L., Ji J.F., Han J.F., Fan S.W., Zhao F.D., Jin H., Pei F., Fan S.Y., Sui D.X. Complications and prevention strategies of oblique lateral interbody fusion technique. *Orthop Surg* 2018; 10(2): 98–106, <https://doi.org/10.1111/os.12380>.
26. Miscusi M., Ramieri A., Forcato S., Giuffrè M., Trungu S., Cimatti M., Pesce A., Familiari P., Piazza A., Carnevali C., Costanzo G., Raco A. Comparison of pure lateral and oblique lateral inter-body fusion for treatment of lumbar degenerative disk disease: a multicentric cohort study. *Eur Spine J* 2018; 27(Suppl 2): 222–228, <https://doi.org/10.1007/s00586-018-5596-y>.
27. Jin C., Jaiswal M.S., Jeun S.S., Ryu K.S., Hur J.W., Kim J.S. Outcomes of oblique lateral interbody fusion for degenerative lumbar disease in patients under or over 65 years of age. *J Orthop Surg Res* 2018; 13(1): 38, <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0740-2>.
28. Tannoury T., Kempegowda H., Haddadi K., Tannoury C. Complications associated with minimally invasive anterior to the psoas (ATP) fusion of the lumbosacral spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 2019; 44(19): E1122–E1129, <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000003071>.
29. Chang S.Y., Nam Y., Lee J., Chang B.S., Lee C.K., Kim H. Impact of preoperative diagnosis on clinical outcomes of oblique lateral interbody fusion for lumbar degenerative disease in a single-institution prospective cohort. *Orthop Surg* 2019; 11(1): 66–74, <https://doi.org/10.1111/os.12419>.
30. Beng T.B., Kotani Y., Sia U., Gonchar I. Effect of indirect neural decompression with oblique lateral interbody fusion was influenced by preoperative lumbar lordosis in adult spinal deformity surgery. *Asian Spine J* 2019; 13(5): 809–814, <https://doi.org/10.31616/asj.2018.0283>.
31. Joseph J.R., Smith B.W., La Marca F., Park P. Comparison of complication rates of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and lateral lumbar interbody fusion: a systematic review of the literature. *Neurosurg Focus* 2015; 39(4): E4, <https://doi.org/10.3171/2015.7.focus15278>.
32. Bateman D.K., Millhouse P.W., Shahi N., Kadam A.B., Maltenfort M.G., Koerner J.D., Vaccaro A.R. Anterior lumbar spine surgery: a systematic review and meta-analysis of associated complications. *Spine J* 2015; 15(5): 1118–1132, <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.02.040>.
33. Fantini G.A., Pappou I.P., Girardi F.P., Sandhu H.S., Cammisa F.P. Jr. Major vascular injury during anterior lumbar spinal surgery: incidence, risk factors, and management. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32(24): 2751–2758, <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e31815a996e>.
34. Quraishi N.A., Konig M., Booker S.J., Shafafy M., Boszczyk B.M., Grevitt M.P., Mehdian H., Webb J.K. Access related complications in anterior lumbar surgery performed by spinal surgeons. *Eur Spine J* 2013; 22(Suppl 1): 16–20, <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2616-1>.
35. Sasso R.C., Kenneth Burkus J., LeHuec J.C. Retrograde ejaculation after anterior lumbar interbody fusion: transperitoneal versus retroperitoneal exposure. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003; 28(10): 1023–1026, <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000062965.47779.eb>.
36. Yoon S.G., Kim M.S., Kwon S.C., Lyo I.U., Sim H.B. Delayed ureter stricture and kidney atrophy after oblique lumbar interbody fusion. *World Neurosurg* 2020; 134: 137–140, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.10.171>.
37. Fineberg S.J., Nandyala S.V., Kurd M.F., Marquez-Lara A., Noureldin M., Sankaranarayanan S., Patel A.A., Oglesby M., Singh K. Incidence and risk factors for postoperative ileus following anterior, posterior, and circumferential lumbar fusion. *Spine J* 2014; 14(8): 1680–1685, <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.10.015>.
38. Cahill K.S., Martinez J.L., Wang M.Y., Vanni S., Levi A.D. Motor nerve injuries following the minimally invasive lateral transpsoas approach. *J Neurosurg Spine* 2012; 17(3): 227–231, <https://doi.org/10.3171/2012.5.spine1288>.
39. Zhang S.F., Zhang L., Feng X.M., Yang H.L. Incidence and risk factors for postoperative shoulder imbalance in scoliosis: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 2018; 27(2): 358–369, <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5289-y>.
40. Hu W., Tang J., Wu X., Zhang L., Ke B. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar fusion: a systematic review of complications. *Int Orthop* 2016; 40(9): 1883–1890, <https://doi.org/10.1007/s00264-016-3153-z>.
41. Chachan S., Bae J., Lee S.H., Suk J.W., Shin S.H. Microscopic anterior neural decompression combined with oblique lumbar interbody fusion — a technical note. *World Neurosurg* 2019; 121: 37–43, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.09.146>.
42. Macki M., Anand S.K., Surapaneni A., Park P., Chang V. Subsidence rates after lateral lumbar interbody fusion: a systematic review. *World Neurosurg* 2018; 122: 599–606, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.11.121>.
43. Zhou Q.S., Chen X., Xu L., Li S., Du C.Z., Sun X., Wang B., Zhu Z.Z., Qiu Y. Does vertebral end plate morphology affect cage subsidence after transforaminal lumbar interbody fusion? *World Neurosurg* 2019; 130: e694–e701, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.06.195>.
44. Palepu V., Helgeson M., Molyneaux-Francis M., Nagaraja S. The effects of bone microstructure on subsidence risk for ALIF, LLIF, PLIF, and TLIF spine cages. *J Biomech Eng* 2019; 141(3): 031002, <https://doi.org/10.1115/1.4042181>.
45. Satake K., Kanemura T., Yamaguchi H., Segi N., Ouchida J. Predisposing factors for intraoperative endplate injury of extreme lateral interbody fusion. *Asian Spine J* 2016; 10(5): 907–914, <https://doi.org/10.4184/asj.2016.10.5.907>.
46. Rao P.J., Phan K., Giang G., Maharaj M.M., Phan S., Mobbs R.J. Subsidence following anterior lumbar interbody

- fusion (ALIF): a prospective study. *J Spine Surg* 2017; 3(2): 168–175, <https://doi.org/10.21037/jss.2017.05.03>.
47. Wang K., Zhang C., Cheng C., Jian F., Wu H. Radiographic and clinical outcomes following combined oblique lumbar interbody fusion and lateral instrumentation for the treatment of degenerative spine deformity: a preliminary retrospective study. *Biomed Res Int* 2019; 2019: 12–18, <https://doi.org/10.1155/2019/5672162>.
48. Zhu G., Hao Y., Yu L., Cai Y., Yang X. Comparing stand-alone oblique lumbar interbody fusion with posterior lumbar interbody fusion for revision of rostral adjacent segment disease: a STROBE-compliant study. *Medicine (Baltimore)* 2018; 97(40): e12680, <https://doi.org/10.1097/md.00000000000012680>.
49. Lee S.H., Choi W.G., Lim S.R., Kang H.Y., Shin S.W. Minimally invasive anterior lumbar interbody fusion followed by percutaneous pedicle screw fixation for isthmic spondylolisthesis. *Spine J* 2004; 4(6): 644–649, <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2004.04.012>.
50. Li H.M., Zhang R.J., Shen C.L. Radiographic and clinical outcomes of oblique lateral interbody fusion versus minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar disease. *World Neurosurg* 2019; 122: e627–e638, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.10.115>.
51. Liu C., Wang J. Learning curve of minimally invasive surgery oblique lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases. *World Neurosurg* 2018; 120: e88–e93, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.167>.
52. Phan K., Lackey A., Chang N., Ho Y.T., Abi-Hanna D., Kerferd J., Maharaj M.M., Parker R.M., Malham G.M., Mobbs R.J. Anterior lumbar interbody fusion (ALIF) as an option for recurrent disc herniations: a systematic review and meta-analysis. *J Spine Surg* 2017; 3(4): 587–595, <https://doi.org/10.21037/jss.2017.11.04>.
53. Cho M.S., Seo E.M. Efficacy and radiographic analysis of oblique lumbar interbody fusion in treating lumbar degenerative spondylolisthesis with sagittal imbalance. *Neurosurg Rev* 2021; 44(4): 2181–2189, <https://doi.org/10.1007/s10143-020-01390-4>.
54. Lee Y.S., Kim Y.B., Park S.W., Chung C. Comparison of transforaminal lumbar interbody fusion with direct lumbar interbody fusion: clinical and radiological results. *J Korean Neurosurg Soc* 2014; 56(6): 469–474, <https://doi.org/10.3340/jkns.2014.56.6.469>.
55. Lang G., Perrech M., Navarro-Ramirez R., Hussain I., Pennicooke B., Maryam F., Avila M.J., Härtl R. Potential and limitations of neural decompression in extreme lateral interbody fusion — a systematic review. *World Neurosurg* 2017; 101: 99–113, <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.01.080>.
56. Quillo-Olvera J., Lin G.X., Jo H.J., Kim J.S. Complications on minimally invasive oblique lumbar interbody fusion at L₂–L₅ levels: a review of the literature and surgical strategies. *Ann Transl Med* 2018; 6(6): 101, <https://doi.org/10.21037/atm.2018.01.22>.
57. Nomura H., Yamashita A., Watanabe T., Shirasawa K. Quantitative analysis of indirect decompression in extreme lateral interbody fusion and posterior spinal fusion with a percutaneous pedicle screw system for lumbar spinal stenosis. *J Spine Surg* 2019; 5(2): 266–272, <https://doi.org/10.21037/jss.2019.06.03>.
58. Park S.J., Lee C.S., Chung S.S., Kang S.S., Park H.J., Kim S.H. The ideal cage position for achieving both indirect neural decompression and segmental angle restoration in lateral lumbar interbody fusion (LLIF). *Clin Spine Surg* 2017; 30(6): E784–E790, <https://doi.org/10.1097/bsd.0000000000000406>.
59. Park S.W., Ko M.J., Kim Y.B., Le Huec J.C. Correction of marked sagittal deformity with circumferential minimally invasive surgery using oblique lateral interbody fusion in adult spinal deformity. *J Orthop Surg Res* 2020; 15(1): 13, <https://doi.org/10.1186/s13018-020-1545-7>.
60. Kim W.J., Lee J.W., Park K.Y., Chang S.H., Song D.G., Choy W.S. Treatment of adult spinal deformity with sagittal imbalance using oblique lumbar interbody fusion: can we predict how much lordosis correction is possible? *Asian Spine J* 2019; 13(6): 1017–1027, <https://doi.org/10.31616/asj.2018.0306>.
61. Kim K.T., Jo D.J., Lee S.H., Seo E.M. Oblique retroperitoneal approach for lumbar interbody fusion from L₄ to S₁ in adult spinal deformity. *Neurosurg Rev* 2018; 41(1): 355–363, <https://doi.org/10.1007/s10143-017-0927-8>.
62. Wang B., Chen C., Hua W., Ke W., Lu S., Zhang Y., Zeng X., Yang C. Minimally invasive surgery oblique lumbar interbody debridement and fusion for the treatment of lumbar spondylodiscitis. *Orthop Surg* 2020; 12(4): 1120–1130, <https://doi.org/10.1111/os.12711>.
63. Du X., Ou Y.S., Zhu Y., Luo W., Jiang G.Y., Jiang D.M. Oblique lateral interbody fusion combined percutaneous pedicle screw fixation in the surgical treatment of single-segment lumbar tuberculosis: a single-center retrospective comparative study. *Int J Surg* 2020; 83: 39–46, <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.09.012>.