

<https://doi.org/10.57256/2949-0715-2024-3-3-39-47>

ОТДАЛЁННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТОТАЛЬНОЙ АРТРОПЛАСТИКИ И ПОЯСНИЧНОГО СПОНДИЛОДЕЗА В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ДЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Степанов И.А.^{1,2}, Белобородов В.А.¹

¹ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия)

² ООО «Харлампиевская клиника» (664025, г. Иркутск, ул. Горького, 8, Россия)

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Пациенты с длительно текущей дискогенной болью в нижней части спины, у которых не наблюдается клинического улучшения после консервативного лечения, направляются на хирургическое лечение: поясничный спондилодез или тотальную артропластику межпозвонковых дисков.

Цель исследования. Оценить долгосрочную эффективность и безопасность тотальной артропластики межпозвонковых дисков и поясничного спондилодеза у пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных межпозвонковых дисков.

Материал и методы. Разработана комплексная стратегия поиска литературных источников в базах данных PubMed/Medline и Кокрейновского центрального регистра рандомизированных контролируемых исследований. Поиск исследований проводился в период с января 2005 г. по май 2024 г. без ограничений по уровню доказательности или статусу публикаций. Анализировались как англоязычные статьи, так и отечественные публикации.

Результаты. В рамках анализа соответствия систематическому обзору включены четыре рандомизированных контролируемых исследования, охватывающих долгосрочные результаты хирургического лечения 1325 пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных межпозвонковых дисков. Различия в значениях продолжительности операции в группах тотальной артропластики и поясничного спондилодеза отсутствуют. В группе, где выполнялся поясничный спондилодез, объём кровопотери превысил аналогичный параметр в группе тотальной артропластики межпозвонковых дисков. Отсутствуют различия между группами тотальной артропластики и поясничного спондилодеза в степени выраженности боли в нижней части спины по визуальной аналоговой шкале. В группе тотальной артропластики поясничных межпозвонковых дисков уровень дееспособности пациентов по Oswestry Disability Index в среднем на 9 % выше, чем в группе поясничного спондилодеза. Процент удовлетворённости операциями в группе пациентов после тотальной артропластики превышает данный показатель в группе пациентов, перенёсших поясничный спондилодез. Проведённый анализ частоты встречаемости осложнений продемонстрировал отсутствие различий между сравниваемыми методиками. Частота выполнения реопераций в группе тотальной артропластики межпозвонковых дисков на пояснично-крестцовом уровне на 48 % меньше аналогичного показателя в группе поясничного спондилодеза.

Заключение. Полученные клинические результаты тотальной артропластики межпозвонковых дисков на поясничном уровне с сохранением амплитуды движений оперированного сегмента и всего пояснично-крестцового отдела позвоночника позволяют утверждать, что данная методика является перспективной альтернативой поясничного спондилодеза.

Ключевые слова: межпозвонковый диск, поясничный отдел позвоночника, дегенеративное заболевание, тотальная артропластика диска, поясничный спондилодез, систематический обзор, рандомизированные контролируемые исследования

Для цитирования: Степанов И.А., Белобородов В.А. Отдалённые результаты тотальной артропластики и поясничного спондилодеза в хирургическом лечении дегенеративного заболевания поясничных межпозвонковых дисков: систематический обзор. *Байкальский медицинский журнал*. 2024; 3(3): 39-47. doi: 10.57256/2949-0715-2024-3-3-39-47

LONG-TERM RESULTS OF TOTAL DISC ARTHROPLASTY AND LUMBAR FUSION IN THE SURGICAL TREATMENT OF DEGENERATIVE LUMBAR INTERVERTEBRAL DISC DISEASE: A SYSTEMATIC REVIEW

Ivan A. Stepanov ^{1,2}, Vladimir A. Beloborodov ¹

¹ Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstaniya str., 1, Russian Federation)

² Kharlampievskaya Clinic (664025, Irkutsk, Gorkogo str., 8, Russian Federation)

ABSTRACT

Background. Patients with long-standing discogenic low back pain who do not show clinical improvement after conservative treatment are referred to surgical treatment: lumbar fusion or total disc arthroplasty.

The aim. To assess the long-term efficacy and safety of total intervertebral disc arthroplasty and lumbar fusion in patients with degenerative lumbar disc disease.

Material and methods. A comprehensive strategy was developed to search for literature sources in the PubMed/Medline and Cochrane Central Register of Controlled Trials databases. The search for studies was conducted from January 2005 to May 2024 without limitations on the evidence level or publication status. Both English-language articles and domestic publications were analyzed.

Results. Four randomized controlled trials covering long-term outcomes of surgical treatment of 1325 patients with degenerative lumbar disc disease were included in the analysis of compliance with the systematic review. There was no difference in the duration of surgery between the groups of total arthroplasty and lumbar fusion. The group of lumbar fusion had a higher blood loss than the group of total disc arthroplasty. No difference between the groups of total arthroplasty and lumbar fusion in the severity of low back pain according to the visual analogue scale were registered. In the group of total disc arthroplasty, the level of patients' disability according to the Oswestry Disability Index was on average 9 % higher than in the group of lumbar fusion. The percentage of satisfaction with the surgery in the group of total disc arthroplasty exceeds this indicator in the group of lumbar fusion. The analysis of the complications incidence demonstrated the absence of differences between the compared methods. The frequency of reoperations in the group of total lumbosacral disc arthroplasty is 48 % lower than the same indicator in the group of lumbar fusion.

Conclusion. The obtained clinical results of total lumbar disc arthroplasty with preservation of the range of motion of the operated segment and the entire lumbosacral spine allow us to state that this technique is a promising alternative to lumbar fusion.

Key words: *intervertebral disc, lumbar spine, degenerative disease, total disc arthroplasty, lumbar fusion, systematic review, randomized controlled trials*

For citation: Stepanov I.A., Beloborodov V.A. Long-term results of total disc arthroplasty and lumbar fusion in the surgical treatment of degenerative lumbar intervertebral disc disease: A systematic review. *Baikal Medical Journal*. 2024; 3(3): 39-47. doi: 10.57256/2949-0715-2024-3-3-39-47

ВВЕДЕНИЕ

Дегенеративное заболевание межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника является наиболее распространённой причиной боли в нижней части спины [1, 2]. Так, частота встречаемости боли в нижней части спины, обусловленной дегенерацией поясничных межпозвонковых дисков, варьирует от 62 до 84 % [2]. Стратегия лечения дегенеративного заболевания поясничных межпозвонковых дисков берет начало с нехирургических подходов, включающих в себя комбинацию медикаментозного лечения, физиотерапевтического воздействия и лечебной физической культуры. Пациенты с длительно текущей дискогенной болью в нижней части спины, у которых не наблюдается клинического улучшения после нескольких месяцев консервативного лечения, направляются на хирургическое лечение: поясничный спондилодез (ПС) или тотальную артропластику (ТА) межпозвонковых дисков [3–5].

Целью ПС выступает уменьшение выраженности болевого синдрома за счёт устранения движения в поражённом сегменте. Как известно, ПС изменяет нормальную биомеханику поясничного отдела позвоночника и может привести к увеличению нагрузки на соседние сегменты [6]. Наиболее частыми осложнениями ПС являются псевдоартроз, миграция и/или поломка установленной металлоконструкции, а также дегенерация/дегенеративное заболевание смежных позвоночно-двигательных сегментов [6, 7]. Несмотря на тот факт, что клинико-рентгенологические результаты применения ПС значительно улучшились за последние десятилетия, около трети пациентов после выполнения ПС продолжают испытывать болевой синдром, что нередко приводит к повторным операциям [8].

ТА является современным методом хирургического лечения пациентов с дегенеративным заболеванием межпозвонковых дисков. Данный метод позволяет сохранить сегментарные движения в оперированном сегменте за счёт особого устройства имплантатов, имитирующих функцию диска. Обеспечивая сегментарное движение на поражённом уровне и восстанавливая стабильность позвоночника, ТА уменьшает степень выраженности болевого синдрома, улучшает функциональные характеристики и, в отличие от ПС, снижает риск развития дегенерации/дегенеративного заболевания смежных сегментов [9]. Конструкция современных имплантатов для выполнения ТА ещё больше позволяет сохранить естественные движения в оперированном сегменте, поддерживая контролируемые поступательные и вращательные движения в нём [10].

Долгосрочные результаты применения ТА и ПС у пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных межпозвонковых дисков представляются

нам неоднозначными и во многом противоречивыми. Так, ряд исследователей подтверждают преимущества ТА перед ПС [10, 11]. Однако некоторые авторы утверждают об отсутствии различий в отдалённых результатах применения ТА и ПС у пациентов с дегенеративным заболеванием межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника [12, 13].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить долгосрочную эффективность и безопасность тотальной артропластики межпозвонковых дисков и поясничного спондилодеза у пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных межпозвонковых дисков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Комплексная стратегия поиска и отбора литературных данных

Разработана комплексная стратегия поиска литературных источников в базах данных PubMed/Medline и Кокрейновского центрального регистра рандомизированных контролируемых исследований. Стратегия поиска источников включала в себя опцию с рандомизированным контролем и представлена на рисунке 1. Поиск исследований проводился в период с января 2005 г. по май 2024 г. без ограничений по уровню доказательности или статусу публикаций. Анализировались как англоязычные статьи, так и отечественные публикации.

Ключевые слова для поиска литературных источников по MESH-словарю в базах данных PubMed/Medline: *lumbar degenerative disc disease*[title] OR *lumbar disc replacement*[title] OR *artificial total disc replacement*[title] OR *lumbar arthroplasty*[title] OR *lumbar fusion*[title] OR *prosthesis*[title] OR *implantation*[title] OR *randomized controlled trial. Ключевые слова для поиска источников в базах данных eLibrary и КиберЛенинка: дегенерация/дегенеративное заболевание; межпозвонковый диск; пояснично-крестцовый отдел позвоночника; поясничный спондилодез; тотальная артропластика межпозвонковых дисков; искусственный диск и кейдж.

Двумя исследователями проведён детальный анализ статей на наличие потенциально релевантных заголовков, рефератов и полных текстов. Разногласия относительно включения/исключения литературных источников из обзора разрешались путём оценки публикации третьей стороной. Настоящий систематический обзор выполнен в соответствии с международными рекомендациями по написанию систематических обзоров и метаанализов PRISMA [14].

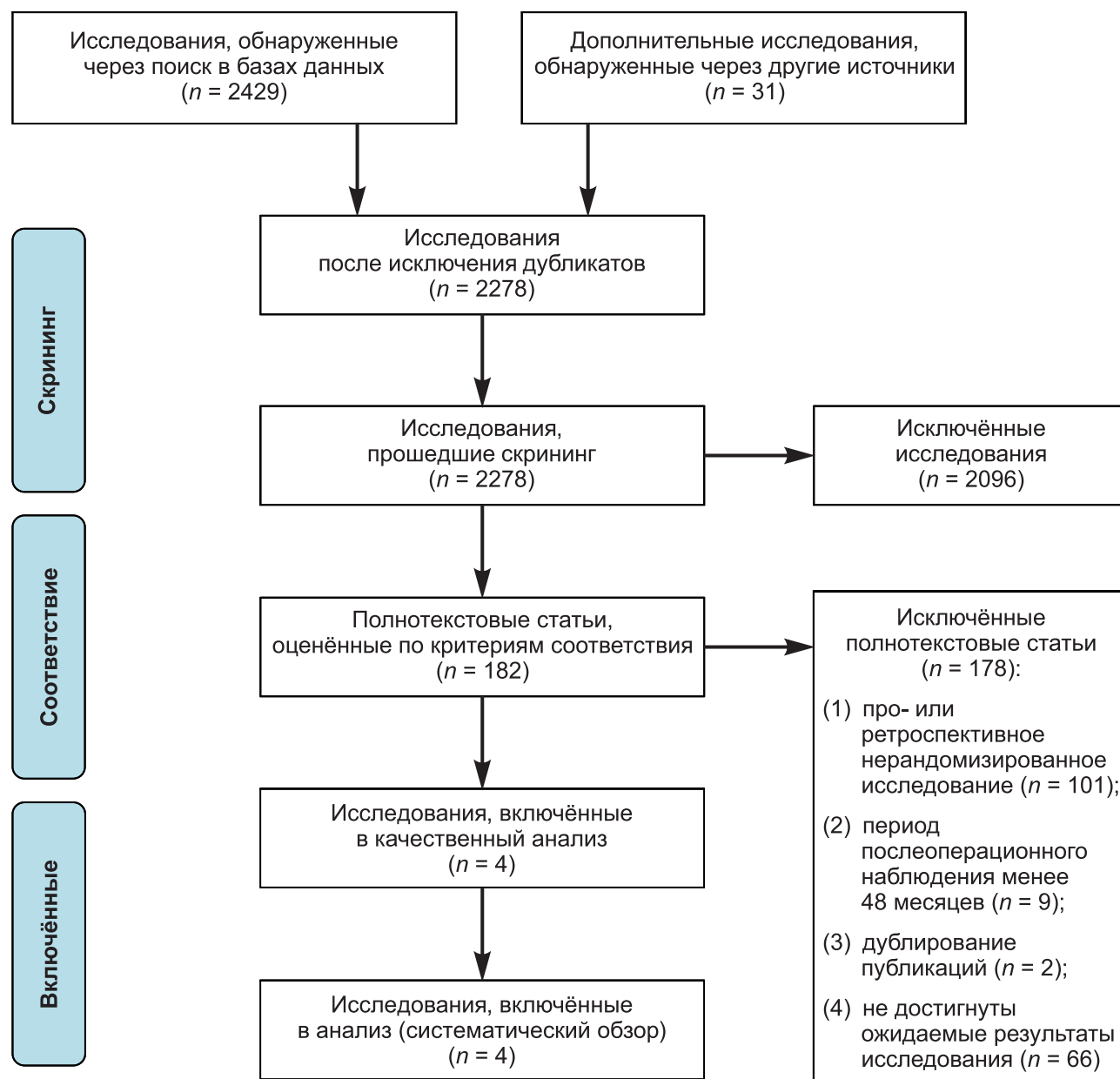


РИС. 1. Стратегия поиска и отбора литературных данных для включения в систематический обзор

Критерии соответствия

Соответствие исследований к включению в систематический обзор определялось согласно критериям PICOS (Population (выборка пациентов), Intervention (тип вмешательства), Comparison (сравниваемые имплантаты), Outcomes (исходы), Study (дизайн исследования)). Рандомизированные контролируемые исследования соответствовали критериям включения, если они сравнивали эффективность ТА и ПС в хирургическом лечении боли в нижней части спины, обусловленной дегенерацией межпозвоноковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника. При этом период послеоперационного наблюдения за пациентами составлял не менее 48 месяцев [15]. Анализу подвергнут широкий спектр искусственных дисков для выполнения ТА на поясничном уровне (Charite (DePuy Spine,

Рейнхем, Массачусетс), ProDisc-L (Synthes Spine, Вест-Честер, Пенсильвания), Maverick (Medtronic, Мемфис, Теннесси) и FlexiCore (Stryker Spine, Аллендейл, Нью-Джерси). Варианты ПС включали передний поясничный межтеловой спондилодез, задний поясничный спондилодез, боковой поясничный спондилодез и циркулярный спондилодез. Исключению из систематического обзора подвергнуты те исследования, в которых сравнивали искусственные диски с другими имплантатами для поясничной ТА (т. е. activL, Kine-flex-L) или имела место утрата обратной связи более чем с 50 % респондентов в послеоперационном периоде. Также из систематического обзора исключены однокрупные или обсервационные исследования и клинические серии, основанные на субанализе данных.

Анализируемые параметры

Анализируемые параметры извлечены из исходных исследований и внесены в стандартизированную форму одним автором, а затем введены в программное обеспечение Review Manager v. 5.3 (Cochrane Collaboration, Копенгаген, Дания). Анализируемые данные повторно проверены вторым автором.

К анализируемым параметрам отнесены выраженность болевого синдрома в нижней части спины по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), уровень нарушения дееспособности по Oswestry Disability Index (ODI), удовлетворённость пациентов проведённой операцией, объём кровопотери, а также частота встречаемости повторных операций и осложнений.

Риск предвзятости исследований

Качество исследований оценивалось независимо двумя авторами с использованием инструмента Cochrane Collaboration для кумулятивной оценки риска систематической ошибки, которая подразумевает оценку риска систематической ошибки отбора (генерация последовательности, сокрытие распределения), систематической ошибки производства (ослепление участников и персонала), систематической ошибки обнаружения (ослепление оценки результатов), систематической ошибки выбытия (неполные данные о результатах), систематической ошибки отчётности (выборочная отчётность о результатах) и прочих систематических ошибок (табл. 1). Исследования градируются на низкую, неопределённую и высокую

ТАБЛИЦА 1

ОЦЕНКА РИСКА СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКИ ДЛЯ КАЖДОГО ИССЛЕДОВАНИЯ, ВКЛЮЧЁННОГО В СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Исследования	Параметры предвзятости					
	Генерация последовательности данных	Сокрытие данных исследования	Использование процедуры ослепления	Неполный перечень полученных данных исследования	Выборочное представление результатов исследования	Иные параметры
Gornet M.F. et al., 2010	+	+	-	?	?	?
Guyer R.D. et al., 2009	+	+	?	+	?	?
Sköld C. et al., 2013	+	+	?	+	?	?
Zigler J.E. et al. 2012	+	+	?	+	?	?

Примечание. ■ – низкий риск; ■ – неопределённый риск; ■ – высокий риск.

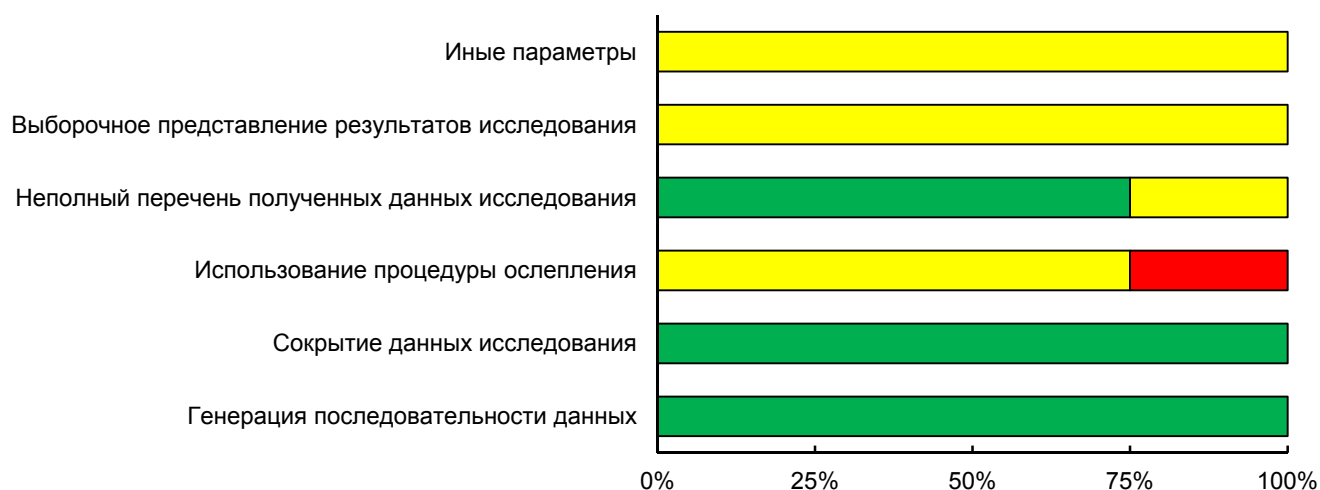


РИС. 2. Суммарные риски систематической ошибки для всех исследований, включённых в систематический обзор: ■ – низкий риск; ■ – неопределённый риск; ■ – высокий риск

степени риска систематической ошибки (рис. 2). Разногласия между двумя авторами также разрешились третьей стороной.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поиск литературных данных

В рамках анализа соответствия систематическому обзору включены четыре рандомизированных контролируемых исследования, охватывающих долгосрочные результаты хирургического лечения 1325 пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных межпозвонковых дисков [11, 16–18]. Общая характеристика исследований, включённых в данный обзор, приведена в таблице 2.

Во всех исследованиях, соответствующих критериям включения в обзор, отражены необходимые оцениваемые параметры. В указанных сообщениях представлена полноценная информация о применении различных типов искусственных дисков для ТА межпозвонковых дисков на поясничном уровне и кейджей для ПС.

Продолжительность оперативного вмешательства

Проведённый систематический обзор показал, что различия в значениях продолжительности операции в группах ТА и ПС отсутствуют.

Объём кровопотери

В группе ПС объём кровопотери превысил таковой в группе ТА межпозвонковых дисков.

Клинические параметры

Отсутствуют различия между группами ТА и ПС в степени выраженности боли в нижней части спины по ВАШ. Вместе с тем в группе ТА поясничных межпозвонковых дисков уровень дееспособности пациентов по ODI в среднем на 9 % выше, чем в группе ПС.

Удовлетворённость пациентов операцией

Процент удовлетворённости проведённым оперативным вмешательством в группе пациентов после ТА превышает данный показатель в группе пациентов, перенёсших ПС.

Осложнения

Проведённый анализ частоты встречаемости осложнений продемонстрировал отсутствие различий между сравниваемыми методиками.

Повторные оперативные вмешательства

Частота выполнения реопераций в группе ТА межпозвонковых дисков на пояснично-крестцовом уровне на 48 % меньше такового показателя в группе ПС.

ОБСУЖДЕНИЕ

Данный систематический обзор включил в себя четыре рандомизированных контролируемых исследования, в которых представлены результаты применения ТА и ПС у пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных межпозвонковых дисков с периодом послеоперационного наблюдения не менее 48 месяцев [11, 16–18]. Анализу подвергнуты как интраоперационные, так и клинические параметры применения указанных хирургических методик. В метаанализе J. Wei и соавт. [19] наглядно продемонстрировано отсутствие статистически значимых различий в значениях продолжительности оперативного вмешательства и объёма кровопотери между группами ТА и ПС, что частично согласуется с результатами проведённого нами систематического обзора. Необходимо отметить, что сравнительная характеристика интраоперационных параметров ТА и ПС, указанных в большей части рандомизированных контролируемых клинических исследований, является некорректной. Это объясняется тем, что в группу ПС включены пациенты, которым выполнены операции открытого или минимально-инвазивного транс-

ТАБЛИЦА 2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ, ВКЛЮЧЁННЫХ В СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Исследование	Год	Страна	Дизайн	Количество оперированных сегментов	Количество пациентов		Средний возраст (лет)		Мужской пол (%)	
					ТА	ПС	ТА	ПС	ТА	ПС
Gornet M.F. et al., 2010	2010	США	РКИ, 31 центр	1	405	172	39,9	40,2	50,6	50
Guyet R.D. et al., 2009	2009	США	РКИ, 14 центров	1	41	33	40	38,8	52	56
Sköld C. et al., 2013	2013	Швеция	РКИ, 1 центр	1	80	72	40,2	38,5	40	42
Zigler J.E. et al. 2012	2012	США	РКИ, 17 центров	1	161	75	38,7	40,4	50,9	45,3

Примечание. РКИ – рандомизированное контролируемое исследование.

фораминального или переднего/бокового ПС, которые, безусловно, отличаются друг от друга по ряду хирургических параметров.

В систематическом обзоре J. Zigler и соавт. [20] наглядно показано, что нет различий между группами ТА и ПС в степени выраженности боли в нижней части спины по ВАШ и уровне дееспособности по ODI в отдалённом периоде послеоперационного наблюдения за пациентами. Полученные нами данные подтверждают результаты вышеуказанного обзора.

Известно, что наиболее частым осложнением после операции ПС выступает дегенеративное заболевание смежных сегментов. Выполнение ПС сопряжено со значительным снижением амплитуды движений оперированного сегмента, однако это компенсируется увеличением амплитуды движений смежных позвоночно-двигательных сегментов [21]. В отличие от ПС, ТА межпозвонковых дисков сохраняет нормальные биомеханические параметры не только оперированного сегмента, но и всего поясничного отдела позвоночного столба. Это позволяет предотвратить дегенерацию смежных сегментов [22]. При этом ТА межпозвонковых дисков имеет ряд недостатков. Одним из таких недостатков является гетеротопическая оссификация, которая представляет собой патологический процесс образования кости в тканях, в норме не имеющих остеогенного потенциала. Формирование гетеротопических оссификатов после выполнения ТА межпозвонковых дисков может приводить к выраженному снижению амплитуды движений оперированного сегмента и тем самым способствовать увеличению нагрузки на смежные сегменты с развитием дегенеративных изменений в последних [23]. В настоящее время перспективным научным направлением в спинальной хирургии является изучение молекулярно-генетических механизмов образования очагов гетеротопической оссификации. Среди ключевых патогенетических механизмов формирования костных гетеротопий выделяют гиперпродукцию костных морфогенетических белков, простагландина E2 и мутацию в гене 2q23-24.9, кодирующем рецептор костного морфогенетического белка 1-го типа, что в конечном итоге приводит к активации внутриклеточных сигнальных путей, ответственных за образование эктопической костной ткани [24–26].

На основании полученных нами результатов различий в распространённости осложнений между группами ТА и ПС не отмечено, что подтверждает и дополняет выводы исследования M.J. Rao и соавт. [27]. Необходимо подчеркнуть, что для детального анализа состояния оперированного сегмента и смежных с ним уровней необходимо проведение исследований, направленных на изучение особенностей биомеханики последних.

Преимущества исследования

Настоящий систематический обзор имеет несколько преимуществ перед другими обзорами.

Во-первых, это единственный в отечественной литературе систематический обзор, изучающий долгосрочную эффективность ТА как класса оперативных вмешательств по сравнению с ПС у пациентов с дегенеративным заболеванием дисков на поясничном уровне. Во-вторых, в обзор включены только исследования с высоким уровнем методологии (т. е. рандомизированные контролируемые исследования с катамнезом не менее 48 месяцев). И в-третьих, нами проведён всесторонний поиск литературных источников, в ходе которого выявлены рандомизированные исследования с применением широкого спектра искусственных дисков и кейджей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ТА в сравнении с ПС является эффективным и безопасным методом хирургического лечения пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных межпозвонковых дисков. Полученные клинические результаты ТА межпозвонковых дисков на поясничном уровне с сохранением амплитуды движений оперированного сегмента и всего пояснично-крестцового отдела позвоночника позволяют утверждать, что данная методика является перспективной альтернативой ПС.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Yu L., Wang X., Lin X., Wang Y. The use of lumbar spine magnetic resonance imaging in Eastern China: Appropriateness and related factors. *PLoS One*. 2016; 11(1): e0146369. doi: 10.1371/journal.pone.0146369
2. Akeda K., Yamada T., Inoue N., Nishimura A., Sudo A. Risk factors for lumbar intervertebral disc height narrowing: A population-based longitudinal study in the elderly. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015; 16: 344. doi: 10.1186/s12891-015-0798-5
3. Yan Y.Z., Li Q.P., Wu C.C., Pan X.X., Shao Z.X., Chen S.Q., et al. Rate of presence of 11 thoracic vertebrae and 6 lumbar vertebrae in asymptomatic Chinese adult volunteers. *J Orthop Surg Res*. 2018; 13(1): 124. doi: 10.1186/s13018-018-0835-9
4. Lee Y.C., Zotti M.G., Osti O.L. Operative management of lumbar degenerative disc disease. *Asian Spine J*. 2016; 10(4): 801-819. doi: 10.4184/asj.2016.10.4.801
5. Mobbs R.J., Phan K., Malham G., Seex K., Rao P.J. Lumbar interbody fusion: Techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg*. 2015; 1(1): 2-18. doi: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05
6. Beatty S. We need to talk about lumbar total disc replacement. *Int J Spine Surg*. 2018; 12(2): 201-240. doi: 10.14444/5029
7. Бывальцев В.А., Калинин А.А., Пестряков Ю.Я., Шепелев В.В., Степанов И.А. Анализ результатов при-

менения тотальной артропластики межпозвонкового диска пояснично-крестцового отдела позвоночника протезом M6-L: мультицентровое исследование. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2017; 72(5): 393-402. [Byvaltsev V.A., Kalinin A.A., Pestryakov A.Y., Shepelev V.V., Stepanov I.A. Analysis of results of the intervertebral total disc arthroplasty of the lumbar spine by M6-L prosthesis: A multicenter study. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2017; 72(5): 393-402. (In Russ.)]. doi: 10.15690/vramn782

8. Formica M., Divano S., Cavagnaro L., Basso M., Zanirato A., Formica C., et al. Lumbar total disc arthroplasty: Outdated surgery or here to stay procedure? A systematic review of current literature. *J Orthop Traumatol*. 2017; 18(3): 197-215. doi: 10.1007/s10195-017-0462-y

9. Salzmann S.N., Plais N., Shue J., Girardi F.P. Lumbar disc replacement surgery – Successes and obstacles to widespread adoption. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2017; 10(2): 153-159. doi: 10.1007/s12178-017-9397-4

10. Hoff E., Strube P., Pumberger M., Zahn R.K., Putzier M. ALIF and total disc replacement versus 2-level circumferential fusion with TLIF: A prospective, randomized, clinical and radiological trial. *Eur Spine J*. 2016; 25(5): 1558-1566. doi: 10.1007/s00586-015-3852-y

11. Sköld C., Tropp H., Berg S. Five-year follow-up of total disc replacement compared to fusion: A randomized controlled trial. *Eur Spine J*. 2013; 22(10): 2288-2295. doi: 10.1007/s00586-013-2926-y

12. Berg S., Tullberg T., Branth B., Olerud C., Tropp H. Total disc replacement compared to lumbar fusion: A randomised controlled trial with 2-year follow-up. *Eur Spine J*. 2009; 18(10): 1512-1519. doi: 10.1007/s00586-009-1047-0

13. Mattei T.A., Beer J., Teles A.R., Rehman A.A., Aldag J., Dinh D. Clinical outcomes of total disc replacement versus anterior lumbar interbody fusion for surgical treatment of lumbar degenerative disc disease. *Global Spine J*. 2017; 7(5): 452-459. doi: 10.1177/2192568217712714

14. Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., Mulrow C., Gøtzsche P.C., Ioannidis J.P., et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol*. 2009; 62(10): e1-e34. doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.006

15. Jadad A.R., Moore R.A., Carroll D., Jenkinson C., Reynolds D.J., Gavaghan D.J., et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary? *Control Clin Trials*. 1996; 17(1): 1-12. doi: 10.1016/0197-2456(95)00134-4

16. Gornet M.F., Dryer R.F., Peloza J.H., Schranck F.W. Lumbar disc arthroplasty vs. anterior lumbar interbody fusion: Five-year outcomes for patients in the Maverick® disc IDE study. *Spine J*. 2010; 10: 64. doi: 10.1016/j.spinee.2010.07.174

17. Guyer R.D., McAfee P.C., Banco R.J., Bitan F.D., Cappuccino A., Geisler F.H., et al. Prospective, randomized, multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of lumbar total disc replacement with the CHARITE artificial disc versus lumbar fusion: Five-year follow-up. *Spine J*. 2009; 9(5): 374-386. doi: 10.1016/j.spinee.2008.08.007

18. Zigler J.E. Five-year results of the ProDisc-L multicenter, prospective, randomized, controlled trial comparing ProDisc-L with circumferential spinal fusion for single-level disabling degenerative disk disease. *Semin Spine Surg*. 2012; 24: 25-31. doi: 10.1053/j.semss.2011.11.006

19. Wei J., Song Y., Sun L., Lv C. Comparison of artificial total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative disc disease: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Int Orthop*. 2013; 37(7): 1315-1325. doi: 10.1007/s00264-013-1883-8

20. Zigler J., Gornet M.F., Ferko N., Cameron C., Schranck F.W., Patel L. Comparison of lumbar total disc replacement with surgical spinal fusion for the treatment of single-level degenerative disc disease: A meta-analysis of 5-year outcomes from randomized controlled trials. *Global Spine J*. 2017; 8(4): 413-423. doi: 10.1177/2192568217737317

21. Бывальцев В.А., Степанов И.А., Пестряков Ю.Я. Возможности диффузионно-взвешенной МРТ в оценке степени дегенерации смежного межпозвонкового диска: ригидная пояснично-крестцовая стабилизация и тотальная артропластика межпозвонковых дисков. *Вестник травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова*. 2017; (4): 18-24. [Byval'tsev V.A., Stepanov I.A., Pestryakov Y.Y. Potentialities of diffusion weighted MRI in the assessment of the degree of adjacent intervertebral disc degeneration: Rigid lumbosacral stabilization and total intervertebral disc arthroplasty. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2017; 24(4): 18-24. (In Russ.)]. doi: 10.17816/vto201724418-24

22. Garcia R. Jr, Yue J.J., Blumenthal S., Coric D., Patel V.V., Leary S.P., et al. Lumbar total disc replacement for discogenic low back pain: Two-year outcomes of the ActivL multicenter randomized controlled IDE clinical trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015; 40(24): 1873-1881. doi: 10.1097/BRS.0000000000001245

23. Бывальцев В.А., Пестряков Ю.Я., Шепелев В.В., Степанов И.А. Влияние гетеротопической оссификации на клинические и рентгенологические исходы после тотальной артропластики поясничных межпозвонковых дисков протезом «M6-L»: мультицентровое исследование. *Хирургия позвоночника*. 2017; 14(4): 9-15. [Byvaltsev V.A., Pestryakov Yu.Ya., Shepelev V.V., Stepanov I.A. The influence of heterotopic ossification on clinical and radiological outcomes after total lumbar disc replacement with M6-L prosthesis: A Multicenter Study. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2017; 14(4): 69-75. (In Russ.)]. doi: 10.14531/ss2017.4.69-75

24. Agarwal S., Loder S.J., Brownley C., Eboda O., Peterson J.R., Hayano S., et al. BMP signaling mediated by constitutively active Activin type 1 receptor (ACVR1) results in ectopic bone formation localized to distal extremity joints. *Dev Biol*. 2015; 400(2): 202-209. doi: 10.1016/j.ydbio.2015.02.011

25. Convente M.R., Wang H., Pignolo R.J., Kaplan F.S., Shore E.M. The immunological contribution to heterotopic ossification disorders. *Curr Osteoporos Rep*. 2015; 13: 116-124. doi: 10.1007/s11914-015-0258-z

26. Suzuki H., Ito Y., Shinohara M., Yamashita S., Ichinose S., Kishida A., et al. Gene targeting of the tran-

scription factor Mohawk in rats causes heterotopic ossification of Achilles tendon via failed tenogenesis. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016; 113(28): 7840-7845. doi: 10.1073/pnas.1522054113

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования

Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Вклад авторов

Степанов И.А. – анализ данных, литературный обзор (50 %).
Белобородов В.А. — анализ данных, литературный обзор (50 %).

Информация об авторах

Степанов Иван Андреевич – ассистент кафедры общей хирургии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия); врач-нейрохирург Центра малоинвазивной хирургии, ООО «Харлампиевская клиника» (664025, г. Иркутск, ул. Горького, 8, Россия). ORCID: 0000-0001-9039-9147

Белобородов Владимир Анатольевич – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей хирургии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия). ORCID: 0000-0002-3299-1924

Для переписки

Степанов Иван Андреевич, stepanovivanneuro@gmail.com

27. Rao M.J., Cao S.S. Artificial total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative disc disease: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2014; 134(2): 149-158. doi: 10.1007/s00402-013-1905-4

Conflict of interest

The authors declare no apparent or potential conflict of interest related to the publication of this article.

Funding source

The authors declare no external funding for the study and publication of the article.

Authors' contribution

Ivan A. Stepanov – data analysis, literature review (50 %).
Vladimir A. Beloborodov – data analysis, literature review (50 %).

Information about the authors

Ivan A. Stepanov – Teaching Assistant at the Department of General Surgery, Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstaniya str., 1, Russian Federation); Neurosurgeon at the Center for Minimally Invasive Surgery, Kharlampievskaya Clinic (664025, Irkutsk, Gorkogo str., 8, Russian Federation). ORCID: 0000-0001-9039-9147

Vladimir A. Beloborodov – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of General Surgery, Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstaniya str., 1, Russian Federation). ORCID: 0000-0002-3299-1924

Corresponding author

Ivan A. Stepanov, stepanovivanneuro@gmail.com

Получена 24.07.2024
Принята 09.08.2024
Опубликована 10.09.2024

Received 24.07.2024
Accepted 09.08.2024
Published 10.09.2024