

Анализ предоперационных факторов риска дегенеративного заболевания смежного сегмента после выполнения трансфораминального поясничного спондилодеза

© В.А. Бывальцев^{1, 2, 3}, А.А. Калинин^{1, 2}, Ю.Я. Пестряков^{1, 4}, А.В. Спиридонов^{1, 4}

¹ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, Иркутск, Россия;

²ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» города Иркутск», Иркутск, Россия;

³Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования» Минздрава России, Иркутск, Россия;

⁴КГБУЗ «Краевая клиническая больница», Красноярск, Россия

Резюме

В настоящее время отсутствует информация о сочетанном влиянии индекса массы тела (ИМТ), возраста, пола, основных позвоночно-тазовых показателей и параметров дегенерации смежного сегмента по данным магнитно-резонансной томографии на развитие дегенеративного заболевания смежного сегмента.

Цель исследования. Оценка воздействия предоперационных биометрических и инструментальных параметров смежного позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) на возникновение его дегенеративного заболевания после выполнения дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств (ДДСВ) для определения персонализированного способа нейрохирургического лечения.

Материал и методы. Ретроспективно исследованы пациенты: после одноуровневого ДДСВ (1-я группа, $n=54$), после межостистой стабилизации смежного со спондилодезом уровня (2-я группа, $n=55$), после превентивной ригидной стабилизации смежного сегмента (3-я группа, $n=56$). Оценивались предоперационные параметры и отдаленные клинические исходы.

Результаты. Парный корреляционный анализ установил основные предикторы развития дегенеративного заболевания смежного сегмента. Путем регрессионного анализа определены абсолютные значения данных предикторов для каждого вида оперативного вмешательства.

Заключение. Хирургическое вмешательство на уровне асимптомного проксимального смежного сегмента рекомендовано в объеме межостистой стабилизации при умеренных его дегенеративных изменениях, ИМТ менее 25 кг/м², разнице показателей тазового индекса и поясничного лордоза 10,5—15°, сегментарном лордозе 6,5—10,5°. В случае регистрации выраженных дегенеративных процессов, ИМТ 25,1—31,1 кг/м², значимых отклонениях позвоночно-тазовых параметров (сегментарном лордозе 5,5—10,5°, разнице показателей тазового индекса и поясничного лордоза 15,2—20°) показано проведение его превентивной ригидной стабилизации.

Ключевые слова: пояснично-крестцовый отдел позвоночника, дегенеративное заболевание, задняя поясничная фиксация, дегенеративное заболевание смежного сегмента, прогнозирование, факторы риска.

Информация об авторах:

Бывальцев В.А. — <https://orcid.org/0000-0003-4349-7101>

Калинин А.А. — <https://orcid.org/0000-0002-6059-4344>

Пестряков Ю.Я. — <https://orcid.org/0000-0001-7076-571X>

Спиридонов А.В. — <https://orcid.org/0000-0003-3244-4688>

Автор, ответственный за переписку: Бывальцев В.А. — e-mail: byval75vadim@yandex.ru

Как цитировать:

Бывальцев В.А., Калинин А.А., Пестряков Ю.Я., Спиридонов А.В. Анализ предоперационных факторов риска дегенеративного заболевания смежного сегмента после выполнения трансфораминального поясничного спондилодеза. *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко.* 2023;87(2):48–55. <https://doi.org/10.17116/neiro20238702148>

Analysis of preoperative risk factors of adjacent segment disease after transforaminal lumbar interbody fusion

© V.A. Byvaltsev^{1, 2, 3}, A.A. Kalinin^{1, 2}, Yu.Ya. Pstryakov^{1, 4}, A.V. Spiridonov^{1, 4}

¹Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia;

²Russian Railways-Medicine Clinical Hospital, Irkutsk, Russia;

³Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;

⁴Regional Clinical Hospital, Krasnoyarsk, Russia

Abstract

Currently, there is no information on the combined effect of body mass index (BMI), age, gender, main spinal-pelvic parameters and parameters of adjacent functional spinal unit (FSU) degeneration according to magnetic resonance imaging on development of adjacent segment degenerative disease (ASDd).

Objective. To evaluate the effect of preoperative biometric and instrumental parameters of adjacent FSU on the risk of ASDd after transforaminal lumbar interbody fusion and determine personalized neurosurgical approach.

Material and methods. We retrospectively studied patients after single-level transforaminal lumbar interbody fusion (group I, $n=54$), single-level transforaminal lumbar interbody fusion and interspinous stabilization of adjacent level (group II, $n=55$), preventive rigid fusion of adjacent segment (group III, $n=56$). Preoperative parameters and long-term clinical outcomes were assessed.

Results. Paired correlation analysis established the main predictors of ASDd. Regression analysis determined absolute values of these predictors for each type of surgical intervention.

Conclusion. Surgical intervention at the level of asymptomatic proximal adjacent segment is recommended as interspinous stabilization for moderate degenerative lesions, BMI <25 kg/m², difference between pelvic index and lumbar lordosis 10.5—15°, segmental lordosis 6.5—10.5°. In case of severe degenerative lesions, BMI 25.1—31.1 kg/m², significant deviations of spinal-pelvic parameters (segmental lordosis 5.5—10.5°, difference between pelvic index and lumbar lordosis 15.2—20°), preventive rigid stabilization is indicated.

Keywords: lumbosacral spine, degenerative disease, posterior lumbar fixation, adjacent segment disease, prognosis, risk factors.

Information about the authors:

Byvaltsev V.A. — <https://orcid.org/0000-0003-4349-7101>

Kalinin A.A. — <https://orcid.org/0000-0002-6059-4344>

Pestryakov Yu.Ya. — <https://orcid.org/0000-0001-7076-571X>

Spiridonov A.V. — <https://orcid.org/0000-0003-3244-4688>

Corresponding author: Byvaltsev V.A. — e-mail: byval75vadim@yandex.ru

To cite this article:

Byvaltsev VA, Kalinin AA, Pestryakov YuYa, Spiridonov AV. Analysis of preoperative risk factors of adjacent segment disease after transforaminal lumbar interbody fusion. *Burdenko's Journal of Neurosurgery = Zhurnal voprosy neirokhirurgii imeni N.N. Burdenko*. 2023;87(2):48–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro20238702148>

Список сокращений

ВАШ — визуально-аналоговая шкала

ДДСВ — дорсальные декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства

ДЗП — дегенеративное заболевание позвоночника

ДЗСС — дегенеративное заболевание смежного сегмента

ДС — дугоотростчатый сустав

ИКД — измеряемый коэффициент диффузии

МПД — межпозвонковый диск

МОС — межостистая стабилизация

ПДС — позвоночно-двигательный сегмент

GLL — Global Lumbar Lordosis, глобальный поясничный лордоз

LL — Lumbar Lordosis, поясничный лордоз

MCS — Mental Component Score, психический компонент здоровья

ODI — Oswestry Disability Index, индекс инвалидности Освестри

O-TLIF — Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion, открытый поясничный трансфораминальный межтеловой спондилодез

PCS — Physical Component Score, физический компонент здоровья

PI — Pelvic Incidence, тазовый угол

PI-LL — разница показателей тазового угла и поясничного

Введение

Дорсальные декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства (ДДСВ) являются эффективным методом хирургического лечения дегенеративных заболеваний позвоночника (ДЗП), сопровождающихся нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента (ПДС), а также приобретенных деформаций, требующих коррекции позвоночно-тазового баланса [1]. Целью ДДСВ является декомпрессия невралжных структур и формирование межтелового спондилодеза оперированного сегмента [2]. Увеличение нагрузки на смежные ПДС с развитием его клинически значимой дегенерации — частое осложнение ДДСВ в виде дегенеративного заболевания смежного сегмента (ДЗСС) [3].

Для снижения частоты встречаемости ДЗСС после проведения ДДСВ разработаны и внедрены межостистые стабилизаторы (МОС) [1, 4, 5]. Несмотря на многообразие последних, показания к их применению остаются противоречивыми [6–8]. Неоднознач-

ным является выбор способа хирургической коррекции смежного «асимптомного» уровня с признаками исходной дегенерации [7, 9].

В современной литературе освещаются результаты симультанного использования МОС с ДДСВ у пациентов с ДЗП [8, 10, 11], а также работы по изучению превентивной ригидной стабилизации смежного сегмента [12, 13]. Отсутствие информации о сочетанном воздействии индекса массы тела (ИМТ), возраста, пола, основных позвоночно-тазовых показателей и параметров дегенерации смежного ПДС по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) на возникновение ДЗСС явилось побудительным моментом к проведению анализа.

Цель исследования — оценка влияния предоперационных биометрических и инструментальных параметров смежного ПДС на развитие его дегенеративного заболевания после выполнения ДДСВ для определения персонализированного способа нейрохирургического лечения.

Материал и методы

В ретроспективное исследование включены медицинские карты из собственного регистра пациентов с ДЗП¹, которым выполнено первичное ДДСВ путем межтелового спондилодеза и транспедикулярной фиксации по следующим показаниям: 1) толерантный к консервативной терапии длительный или рецидивирующий болевой синдром, стойкий неврологический дефицит; 2) рентгенологические признаки нестабильности на уровне «симптомного» ПДС: смещение позвонков относительно друг друга более 15%, динамическая нестабильность со смещением позвонков более 4,5 мм, гипермобильность ПДС с угловой деформацией более 20° на уровне L_{IV}—L_V и более 25° на уровне L_V—S_I, выявленная по результатам функциональной спондилографии [14]. После комплексного анализа, согласно критериям включения, были изучены 165 пациентов, которым проводились первичные ДДСВ в сегментах L_{IV}—S_I. По итогам выделены три группы: в 1-й (n=54) выполнялось одноуровневое ДДСВ, во 2-й (n=55) — одноуровневое ДДСВ с МОС смежного ПДС и в 3-й (n=56) — превентивная ригидная стабилизация смежного ПДС. Медиана наблюдения составила 36 (28;42) мес.

Все вмешательства производились из открытого срединного доступа с трансфораминальным межтеловым спондилодезом и транспедикулярной фиксацией (Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion, O-TLIF). Для МОС смежного ПДС использовались U-образные имплантаты.

Из анализа были исключены пациенты с инфекционными заболеваниями, травмами, опухолями, тяжелым морбидным фоном, признаками ДЗСС на уровне дистального смежного ПДС, рецидивом болевого синдрома, не связанным с ДЗСС проксимального ПДС (мальпозиция конструкции, рубцово-спаечный эпидурит, нейропатический болевой синдром и т.д.). Кроме того, в исследование не вошли больные со сформированным межтеловым блоком на фоне выраженных дегенеративных изменений на уровне «симптомного» ПДС, которым требовалась только декомпрессия без межтелового спондилодеза.

Оценивались общие данные (пол, возраст, значение ИМТ-кг/м², минеральная плотность костной ткани (МПКТ/Т-критерий), длительность заболевания (от дебюта до момента выполнения операции/мес), рентгенологические данные — глобальный поясничный лордоз L_I—S_I (Global Lumbar Lordosis, GLL), наклон таза (Pelvic Incidence, PI), сегментарный угол

поясничного лордоза (LL) смежного проксимального ПДС (град°). МРТ-характеристики смежного ПДС: дегенеративные изменения МПД по классификации С. Pfirrmann, основанной на МР-оценке интенсивности сигнала по T2-взвешенным изображениям, визуализация разграничения пульпозного ядра и фиброзного кольца, вертикального размера МПД; его измеряемый коэффициент диффузии (ИКД); дегенеративные изменения дугоотростчатых суставов (ДС) по классификации спондилоартроза А. Fujiwara, базирующейся на анализе интенсивности сигнала в ДС по T1-T2-взвешенным изображениям и наличию/отсутствию гипертрофического увеличения ДС. Проводилась оценка клинических исходов: функциональное состояние по Oswestry Disability Index (ODI); качество жизни по анкете SF-36 — физический (PCS) и психический (MCS) компоненты здоровья; интенсивность болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) в поясничном отделе позвоночника и в нижних конечностях. Проанализированы частота и формы ДЗСС.

Инструментальные параметры исследовались в предоперационном, а клинические исходы в отдаленном послеоперационном периодах. Статистическая обработка данных проводилась в программах Office Excel (Microsoft, Inc., США) и Statistica-13.5 (StatSoft, Inc., США).

Тест на нормальность распределения проводился с помощью критериев Шапиро—Уилка (p_W), Колмогорова—Смирнова (p_D), Крамера фон Мизеса (p_{W-sg}) и Андерсона—Дарлинга (p_{A-Sq}). Анализ парных таблиц сопряженности выполнялся для установления взаимного влияния качественных признаков. Изучение интенсивности корреляционных связей между исследуемыми признаками производилось путем оценки коэффициентов корреляции Спирмена, Пирсона. Для определения взаимосвязи между качественными признаками, выступающих в роли зависимых результирующих показателей, и подмножеством количественных признаков использовалась модель логистической регрессии с пошаговыми алгоритмами включения и исключения предикторов. Ранжирование выделенных предикторов по степени связи с зависимой переменной осуществлялось путем их сортировки по модулю стандартизованных коэффициентов регрессии. Для выявления качества предлагаемой для прогноза модели определяли диагностическую чувствительность, специфичность и эффективность с использованием процедуры ROC-анализа и построения ROC-кривых.

Результаты

При оценке нормальности распределения было установлено, что группы не отличались по полу, возрасту, МПКТ, и сроку заболевания до операции ($p_W=0,2829$) ($p_D=0,1500$) ($p_{W-sg}=0,2500$) ($p_{A-Sq}=0,2500$), в 3-й группе преобладал ИМТ >30 кг/м² ($p_W, p_D, p_{W-sg}, p_{A-Sq} < 0,001$) (рис. 1 а—г).

¹Регистр пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника, оперированных с использованием декомпрессивно-стабилизирующих технологий, в динамике медицинского наблюдения: свидетельство №2021622807. Рос. Федерация. Бывальцев В.А., Калинин А.А., Пестряков Ю.Я., Шепелев В.В., Голобородько В.Ю., Спиридонов А.В., Хозеев Д.В., Джубаева Б.А., заявл. 29.11.21 опубл. 7.12.21.

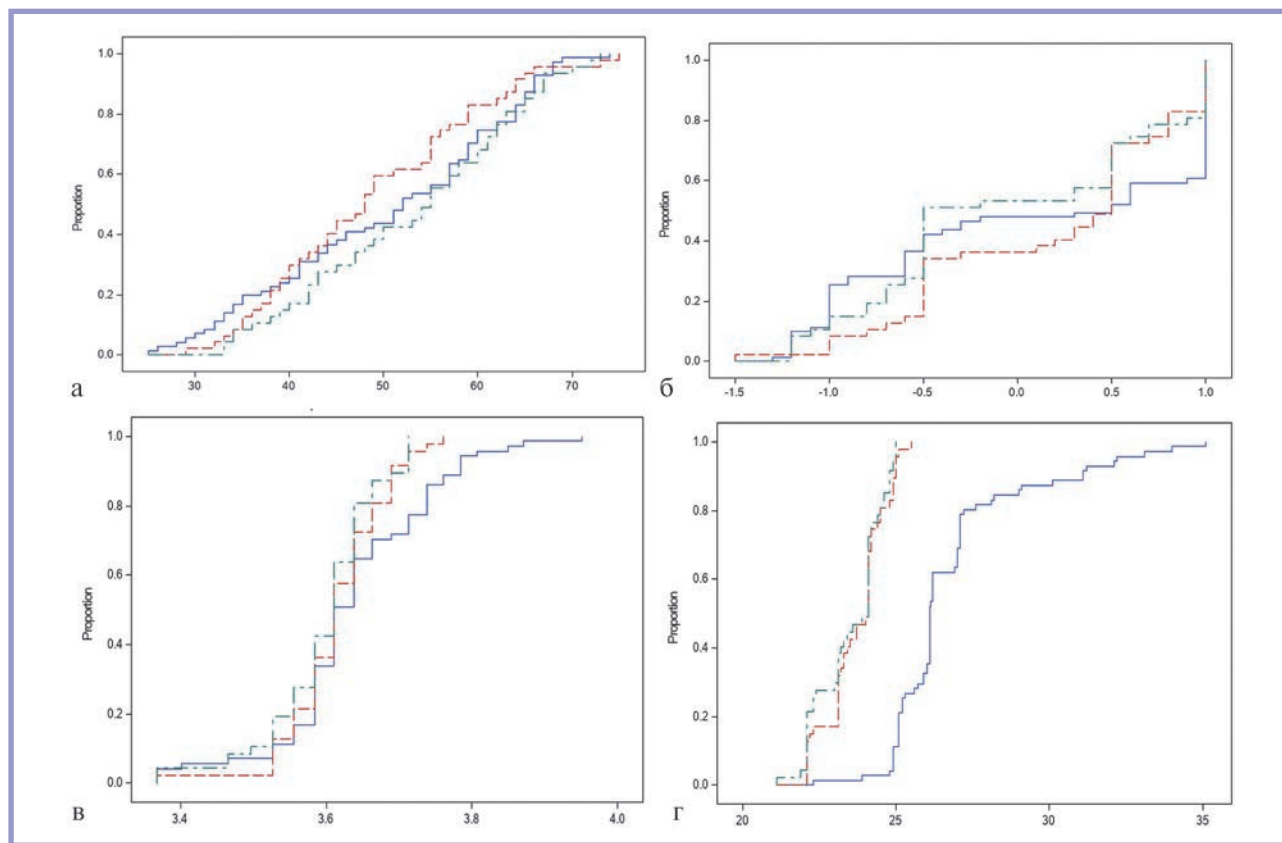


Рис. 1. Распределение признаков.

а — возраст; б — минеральная плотность костной ткани; в — продолжительность заболевания до операции; г — индекс массы тела.

■ 1-я группа; ■ 2-я группа; ■ 3-я группа.

Во всех 165 наблюдениях по χ^2 -критерию и χ^2 -критерию Мантеля—Ханзеля установлено наличие тесной сопряженности между дегенерацией смежного МПД по С. Pfirmann I и II степени с дегенерацией смежных ДС I степени по А. Fujiwara ($p < 0,001$), III степени по С. Pfirmann со II степенью по А. Fujiwara ($p < 0,001$), IV степени по С. Pfirmann с III степенью по А. Fujiwara ($p < 0,001$), V степени по С. Pfirmann с IV степенью по А. Fujiwara ($p < 0,001$). При оценке сопряженности установлена взаимосвязь между дегенерацией I и II степени смежного МПД по С. Pfirmann и одноуровневым ДДСВ (1-я группа) ($p < 0,001$), III степени по С. Pfirmann с симультанным ДДСВ и МОС (2-я группа) ($p < 0,001$), IV и V степени по С. Pfirmann с двухуровневым ДДСВ (3-я группа) ($p < 0,001$).

Частота ДЗСС в указанном исследовании составила 9% ($n=14$). Основной формой ДЗСС являлось стенозирование позвоночного канала на фоне грыжеобразования, спондилоартроза и псевдоспондилолистеза.

При проведении корреляционного анализа количественных и качественных признаков по всем 165 наблюдениям было установлено наличие значимой взаимосвязи анализируемых клинических и биометрических параметров, а также риска развития

ДЗСС с предоперационными инструментальными характеристиками смежного уровня (табл. 1, 2).

Дифференциальный отбор методики оперативного лечения производился по качественным и количественным бинарным переменным. Данные, характеризующие клинический исход, были представлены в виде двух градаций — «удовлетворительного» и «неудовлетворительного» результата через 36 мес после операции. К первым отнесены клинические исходы без признаков ДЗСС, уровень боли по ВАШ в поясничном отделе не более 15 мм, в ногах не более 10 мм, ODI менее 20%, РСН более 40 баллов, MCS более 40 баллов. К неудовлетворительным исходам относились случаи с диагностированным ДЗСС, интенсивностью боли по ВАШ в поясничном отделе более 15 мм, в ногах более 10 мм, ODI более 20%, РСН менее 40 баллов, MCS менее 40 баллов. В качестве предикторов были выбраны предоперационные количественные и качественные параметры, имеющие наибольший коэффициент корреляции и наименьшее значение p .

Проведена оценка набора уравнений бинарной логистической регрессии. Из полученных 100 уравнений логит-регрессии отобрано одно — с наиболее высокими показателями согласия (процент конкордантности — 92,7; коэффициент D-Зомера — 0,87;

Таблица 1. Корреляция предоперационных клинико-инструментальных параметров со степенью ограничения жизнедеятельности по ODI

Параметры	1-я группа (n=54)		2-я группа (n=55)		3-я группа (n=56)	
	г	р	г	р	г	р
ВАШ — поясничный отдел/36 мес	0,97246	0,0001	0,89256	0,0001	0,91347	0,0001
ВАШ — нижние конечности/36 мес	0,97809	0,0001	0,79806	0,0001	0,81706	0,0001
SF —36 MCS	-0,77438	0,0001	-0,67518	0,0001	-0,75518	0,0001
SF —36 PCS	-0,78276	0,0001	-0,78276	0,0001	-0,69321	0,0001
Глобальный поясничный лордоз GLL (LI—SI)	-0,11312	0,3372	-0,22115	0,2341	-0,19815	0,1121
Сегментарный LL смежного ПДС	-0,39463	0,0061	-0,49153	0,0052	-0,38243	0,0032
Наклон таза (PI)	0,36093	0,0127	0,38021	0,0121	0,40032	0,0251
Отношение PI/LL	0,31438	0,0314	0,40348	0,0421	0,41128	0,0312
ДС смежн. сегмента по А. Fujiwara	0,91983	0,0001	0,87683	0,0001	0,81623	0,0001
МПД смежн. сегмента по С. Pfirrmann	0,99932	0,0001	0,93641	0,0001	0,91541	0,0001
ИКД смежного МПД	-0,91134	0,0001	-0,91134	0,0001	-0,89113	0,0001
ИМТ (кг/м ²)	0,32745	0,0247	0,41646	0,0321	0,52546	0,0231
МПКТ/(Т-критерий)	-0,04711	0,7532	-0,08530	0,1648	-0,20597	0,4629
Возраст	0,14312	0,3372	0,04318	0,7732	0,16345	0,2723
Пол	0,16345	0,2723	0,10730	0,4728	0,06870	0,6463

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3, 4: ВАШ — визуально-аналоговая шкала; SF — Social Functioning, социальное функционирование; MCS — Mental Component Score, психический компонент здоровья; GLL — Global Lumbar Lordosis, глобальный поясничный лордоз; PI/LL — разница показателей тазового угла и поясничного; ДС — дугоотростчатый сустав; ПДС — позвоночно-двигательный сегмент; МПД — межпозвоночный диск; ИКД — измеряемый коэффициент диффузии; МПКТ — минеральная плотность костной ткани.

критерий согласия Хосмера—Лемешова — $\chi^2=2,08$; $p=0,0001$). Состав предикторов, вошедших в уравнение, и коэффициенты и результаты регрессии представлены в табл. 3, 4.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ установил основные предикторы развития ДЗСС с определением их абсолютных значений. Клиническая значимость влияния предикторов на отдаленный клинический результат у пациентов, перенесших ДДСВ, была подтверждена построением ROC-кривых (см. табл. 3, 4, рис. 2).

При изучении позвоночно-тазовых отношений было установлено влияние на отдаленный клинический результат только соотношения тазового угла и величины поясничного лордоза (PI—LL).

По результатам проведенного исследования выявлено:

1. После моносегментарного ДДСВ удовлетворительные результаты получены при параметрах: PI—LL 4,8—10°, сегментарный LL смежного ПДС 10,5—15°, изменения смежного МПД I—II степени по С. Pfirrmann и его ИКД 1250—1450 мм²/с, ДС I степени по А. Fujiwara, ИМТ <25 кг/м².

2. После симультанного ДДСВ и МОС удовлетворительные результаты установлены при параметрах: PI—LL 10,5—15°, сегментарный LL смежного ПДС 6,5—10,5°; изменения смежного МПД II—III степени по С. Pfirrmann и его ИКД 1050—1220 мм²/с, ДС I—II степени по А. Fujiwara; ИМТ <25 кг/м².

3. Удовлетворительные результаты превентивной ригидной стабилизации смежного ПДС получены при параметрах: изменения в МПД по С. Pfirrmann IV—V степени и его ИКД 850—1050 мм²/с, ДС III—IV степени по А. Fujiwara, сегментарный LL смеж-

ного ПДС 5,5—10,5°, PI—LL 15,2—20°, ИМТ 25,1—31,1 кг/м².

Обсуждение

ДЗСС составляют от 5,2 до 18,5% [1, 4, 12] и являются основным фактором неудовлетворительных исходов и ревизионных вмешательств в отдаленном периоде [13, 15]. К основным факторам риска и причинам развития ДЗСС относят повышенный ИМТ, нарушения позвоночно-тазовых отношений и исходную асимптомную дегенерацию смежного ПДС [9, 11].

Высокое значение ИМТ выступает достоверным фактором риска развития ДЗСС у пациентов после ДДСВ. Так, в исследовании D.P. Symmons и соавт. [4] отмечено, что увеличение значения ИМТ является достоверным предиктором дегенерации МПД. Н. Wang и соавт. [15] и S. Imagama и соавт. [6] в своих наблюдениях получили аналогичные результаты.

Изучение позвоночно-тазовых отношений путем анализа разницы PI—LL является основным методом оценки компенсаторных ресурсов позвоночника [16]. M. Senteler и соавт. [17] установили, что увеличение PI—LL вызывает перегрузку ДС на уровне L_{III}—S_I. Выяснено, что повышение PI—LL >12 является признаком скрытой деформации позвоночника и причиной развития нестабильности смежного ПДС у пациентов после ДДСВ [1].

В зависимости от предоперационных инструментальных изменений смежного сегмента предлагается различная хирургическая тактика [11—13]. Н. Wang и соавт. [15] установили, что при дегенерации смеж-

Таблица 2. Корреляция развития дегенеративного заболевания смежного сегмента с предоперационными инструментальными характеристиками смежного уровня

Параметры	n=165 пациентов	
	r	p
Глобальный поясничный лордоз GLL (L_1-S_1)	-0,18105	0,3411
Сегментарный LL смежного ПДС	-0,48551	0,0061
Наклон таза (PI)	0,56400	0,0215
Отношение PI/LL	0,51645	0,0421
ДС смежн. сегмента по А. Fujiwara	0,91983	0,0001
МПД смежн. сегмента по С. Pfirmann	1,00000	0,0001
ИКД смежного МПД	-0,91134	0,0001
ИМТ (кг/м ²)	0,35852	0,0135
МПКТ/Т — критерий	-0,04711	0,7532
Возраст	0,25095	0,3372
Пол	0,16345	0,2723

Таблица 3. Предикторные переменные и коэффициенты уравнения логит-регрессии для прогнозирования клинического исхода после проведения дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств

Параметры	Коэффициент регрессии	Статистика критерия Вальда	p	Стандартизированный коэффициент регрессии
ВАШ — поясничный отдел/36 мес	0,1126	65,734	0,0001	0,467831
ВАШ — нижние конечности/36 мес	0,5300	56,432	0,0001	0,345532
SF —36 MCS	-0,6438	9,658	0,0003	-0,155183
SF —36 PCS	-0,5826	7,878	0,0001	-0,193212
Сегментарный LL смежного ПДС	-0,5943	24,953	0,0042	-0,428343
Наклон таза (PI)	0,4783	8,801	0,1321	0,410032
Отношение PI/LL	0,1438	24,448	0,0121	0,421128
ДС смежн. сегмента по А. Fujiwara	0,1983	22,883	0,0001	0,821223
МПД смежн. сегмента по С. Pfirmann	1,5932	18,941	0,0001	0,291541
ИКД смежного МПД	-0,0134	10,134	0,0001	-0,179213
ИМТ (кг/м ²)	0,3245	23,646	0,0021	0,551446

Примечание. Коэффициент регрессии — весовое значение для каждой предикторной переменной модели. Стандартная ошибка — оценка погрешности весовых значений. Статистика критерия Вальда вычислена по данным для сравнения с распределением χ^2 с одной степенью свободы.

Таблица 4. Результаты пошаговой регрессии отбора переменных

Параметры	Статистика критерия Вальда	Процент верного предсказания (%)	p
ВАШ — поясничный отдел/36 мес	75,7242	75,8	0,0001
ВАШ — нижние конечности/36 мес	64,4424	81,4	0,0001
SF —36 MCS	14,5685	82,3	0,0003
SF —36 PCS	17,6584	90,1	0,0001
Сегментарный LL смежного ПДС	14,9534	91,1	0,0042
Наклон таза (PI)	8,7013	92,1	0,0621
Отношение PI/LL	14,4568	90,2	0,0121
ДС смежн. сегмента по А. Fujiwara	12,8683	89,1	0,0001
МПД смежн. сегмента по С. Pfirmann	21,9441	88,1	0,0001
ИКД смежного МПД	12,1354	87,1	0,0001
ИМТ	24,5676	86,2	0,0021

ного МПД по С. Pfirmann менее II степени (в среднем периоде наблюдения 48 мес) риск развития ДЗСС отсутствует. В.П. Конев и соавт. [18] определили, что при изменениях в МПД по С. Pfirmann менее II степени в нем достаточно клеток хрящевой ткани, что указывает на сохраненную функциональность ПДС

и низкий риск развития ДЗСС. При наличии умеренной исходной дегенерации смежного сегмента J. Vredow и соавт. [19] установили, что применение МОС для профилактики ДЗСС позволяет достоверно улучшить отдаленные результаты хирургического лечения. Указанные данные подтверждаются в исследовании

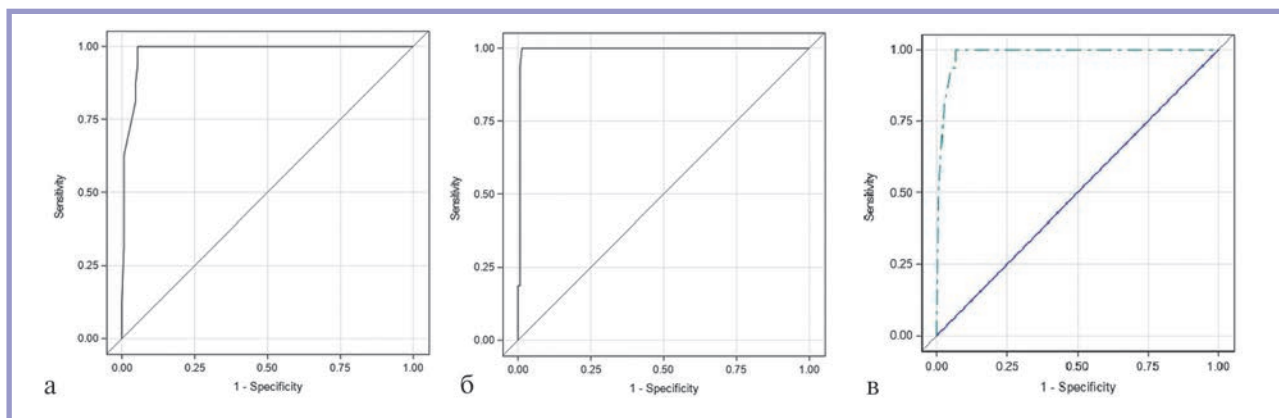


Рис. 2. Примеры построения некоторых ROC-кривых, отражающие эффективность предполагаемой модели прогнозирования отдаленного клинического исхода.

а — МР-признаки: степень дегенерации смежного межпозвоночного диска по С. Pfirrmann; б — рентгенологические признаки: PI—LL; в — биометрические признаки: индекс массы тела.

Р. Korovessis и соавт., которые показали, что МОС имплантатом Wallis (Abbott Spine, Франция) на смежном сегменте у пациентов с дегенерацией ДС по А. Fujiwara III степени и менее [10] снижает риск ДЗСС.

В специализированной литературе присутствуют единичные работы, посвященные хирургической тактике к смежному сегменту с исходной выраженной дегенерацией. Так, J. Anandjiwala и соавт. установили, что изменения МПД IV—V степени по С. Pfirrmann являются прямым фактором риска ДЗСС и предложили проводить первичную превентивную ригидную стабилизацию смежного сегмента [12]. В исследовании X. Zhang и соавт. [11] отметили, что при изменении МПД по С. Pfirrmann III—IV степени и наличии стеноза позвоночного канала применение МОС является неэффективным для профилактики ДЗСС, и целесообразно проведение спондилодеза.

Установлено, что ДЗСС является многофакторным заболеванием [1, 12, 16, 19]. Перечисленные исследования по прогнозированию ДЗСС основаны на анализе одного из факторов риска его развития. Нами впервые проведено комплексное изучение дооперационных биометрических и инструментальных параметров с оценкой степени их влияния на развитие ДЗСС.

Выявленная высокая частота развития ДЗСС (9%) обусловлена систематической ошибкой при первичном отборе, так как критерии «включения» основывались на субъективной оценке предоперационных параметров. Таким образом, определение степени исходной дегенерации и выбор предстоящей хирургической тактики путем комплексного анализа инструментальных параметров является эффективным методом прогнозирования отдаленного клинического результата.

Ограничениями исследования являются: отсутствие предоперационного применения функциональных методов диагностики на смежном МПД и ДС, которые позволяют верифицировать наличие скры-

той клинической симптоматики и определить их морфоструктурные изменения [20], ретроспективный характер, отсутствие рандомизации пациентов и изучение клинко-инструментальных исходов в среднесрочном периоде наблюдения.

Заключение

Комплексное изучение дооперационных параметров асимптоматического смежного сегмента позволяет определить возможную хирургическую тактику для улучшения отдаленного клинического результата:

1) при минимальной степени дегенерации по инструментальным данным, отсутствии изменений позвоночно-тазовых параметров оперативное вмешательство не требуется;

2) в случае умеренных дегенеративных изменений, ИМТ менее 25 кг/м², разнице показателей тазового индекса и поясничного лордоза 10,5—15°, сегментарном лордозе 6,5—10,5° целесообразна установка межостистого стабилизатора;

3) регистрация выраженных дегенеративных изменений, ИМТ 25,1—31,1 кг/м², значимых отклонений позвоночно-тазовых параметров (сегментарном лордозе 5,5—10,5°, разнице показателей тазового индекса и поясничного лордоза 15,2—20°) является показанием к проведению превентивной ригидной стабилизации смежного проксимального сегмента.

Для объективизации полученных данных необходимо проведение дальнейших проспективных исследований с анализом отдаленных клинических исходов среди пациентов, имеющих однородные дооперационные клинко-биометрические параметры.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — Бывальцев В.А., Спиридонов А.В.

Сбор и обработка материала — Бывальцев В.А., Калинин А.А., Пестряков Ю.Я., Спиридонов А.В.
Написание текста — Бывальцев В.А., Калинин А.А., Пестряков Ю.Я., Спиридонов А.В.

Редактирование — Бывальцев В.А., Калинин А.А.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Masevnin SV, Ptashnikov DA, Volkov IV, Kononov NA. Влияние позвоночно-тазовых параметров на частоту развития нестабильности смежного сегмента при моносегментарной фиксации в поясничном отделе. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2019;83(2):80-84. Masevnin SV, Ptashnikov DA, Volkov IV, Kononov NA. The impact of spinopelvic parameters on the rate of adjacent segment instability after short — segment spinal fusion. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2019;83(2):80-84. (In Russ.).
- Byvaltsev VA, Kalinin AA, Shepelev VV, Pestryakov YY, Jubaeva BA. Minimally invasive decompression alone versus fusion surgery for acute lumbar disk herniation combined incomplete cauda equina syndrome. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2023;225:107589. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2023.107589>
- Ebrahimkhani M, Arjmand N, Shirazi-Adl A. Biomechanical effects of lumbar fusion surgery on adjacent segments using musculoskeletal models of the intact, degenerated and fused spine. *Scientific Reports*. 2021;11:17892. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97288-2>
- Symmons DP, van Hemert AM, Vandenbroucke JP, Valkenburg HA. A longitudinal study of back pain and radiological changes in the lumbar spines of middle aged women. I. Clinical findings. *Annals of Rheumatic Diseases*. 1991;50(3):158-161. <https://doi.org/10.1136/ard.50.3.158>
- Byvaltsev VA, Kalinin AA, Shepelev VV, Pestryakov YY, Biryuchkov MY, Jubaeva BA, Boddapati V, Lehman RA, Riew KD. The Relationship of Radiographic Parameters and Morphological Changes at Various Stages of Degeneration of the Lumbar Facet Joints: Cadaver Study. *Global Spine Journal*. 2022;21925682221099471. <https://doi.org/10.1177/21925682221099471>
- Imagama S, Kawakami N, Matsubara Y, Tsuji T, Ohara T, Katayama Y, Ishiguro N, Kanemura T. Radiographic Adjacent Segment Degeneration at 5 Years After L4/5 Posterior Lumbar Interbody Fusion With Pedicle Screw Instrumentation: Evaluation by Computed Tomography and Annual Screening With Magnetic Resonance Imaging. *Clinical Spine Surgery*. 2016;29(9):442-451. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e31828aec78>
- Wu AM, Zhou Y, Li QL, Wu XL, Jin YL, Luo P, Chi YL, Wang XY. Interspinous spacer versus traditional decompressive surgery for lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014;9(5):e97142. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097142>
- Mo Z, Li D, Zhang R, Chang M, Yang B, Tang S. Comparative effectiveness and safety of posterior lumbar interbody fusion, Coflex, Wallis, and X-stop for lumbar degenerative diseases: A systematic review and network meta-analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2018;172:74-81. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2018.06.030>
- Park P, Garton HJ, Gala VC, Hoff JT, McGillicuddy JE. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature. *Spine*. 2004;29(17):1938-44. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000137069.88904.03>
- Korovessis P, Repantis T, Zacharatos S, Zafiroopoulos A. Does Wallis implant reduce adjacent segment degeneration above lumbosacral instrumented fusion? *European Spine Journal*. 2009;18(6):830-840. <https://doi.org/10.1007/s00586-009-0976-y>
- Zhang X, Zhu J, Li Y, Hao D, Gao W. A modified method to treat severe asymptomatic pre-existing degeneration of adjacent segment: a retrospective case-control study. *BMC Surgery*. 2021;21(1):161. <https://doi.org/10.1186/s12893-021-01163-w>
- Anandjiwala J, Seo JY, Ha KY, Oh IS, Shin DC. Adjacent segment degeneration after instrumented posterolateral lumbar fusion: a prospective cohort study with a minimum five-year follow-up. *European Spine Journal*. 2011;20(11):1951-1960. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1917-0>
- Kaner T, Dalbayrak S, Oktenoglu T, Sasani M, Aydin AL, Ozer AF. Comparison of posterior dynamic and posterior rigid transpedicular stabilization with fusion to treat degenerative spondylolisthesis. *Orthopedics*. 2010;33(5). <https://doi.org/10.3928/01477447-20100329-09>
- Augustus AW III, Panjabi MV. *Clinical Biomechanics of the Spine*. 2 ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 1990.
- Wang H, Ma L, Yang D, Wang T, Liu S, Yang S, Ding W. Incidence and risk factors of adjacent segment disease following posterior decompression and instrumented fusion for degenerative lumbar disorders. *Medicine*. 2017;96(5):6032. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000006032>
- Lee CS, Hwang CJ, Lee SW, Ahn YJ, Kim YT, Lee DH, Lee MY. Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *European Spine Journal*. 2009;18(11):1637-1643. <https://doi.org/10.1007/s00586-009-1060-3>
- Senteler M, Weisse B, Snedeker JG, Rothenfluh DA. Pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch results in increased segmental joint loads in the unfused and fused lumbar spine. *European Spine Journal*. 2014;23(7):1384-1393. <https://doi.org/10.1007/s00586-013-3132-7>
- Конев В.П., Кривошеин А.Е., Колесов С.В., Московский С.Н., Гайзер С.В. Морфологические изменения в фасеточных суставах при различных степенях дегенерации межпозвоночных дисков. *Современные проблемы науки и образования*. 2020;2:130. Konev VP, Krivoshein AE, Kolesov SV, Moskovsky SN, Gayzer SV. Morphological changes in facet joints at various degrees of degeneration of intervertebral disk. *Modern problems of science and education*. 2020;2:130. (In Russ.).
- Bredow J, Löhner L, Oppermann J, Scheyerer MJ, Sobottke R, Eysel P, Siewe J. Pathoanatomic Risk Factors for Instability and Adjacent Segment Disease in Lumbar Spine: How to Use Topping Off? *BioMed Research International*. 2017;2017:2964529. <https://doi.org/10.1155/2017/2964529>
- Gruber HE, Rhyne AL 3rd, Hansen KJ, Phillips RC, Hoelscher GL, Ingram JA, Norton HJ, Hanley EN Jr. Deleterious effects of discography radiocontrast solution on human annulus cell in vitro: changes in cell viability, proliferation, and apoptosis in exposed cells. *Spine Journal*. 2012;12(4):329-335. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2012.02.003>

Поступила/Received 26.05.2022
Принята к печати/Accepted 27.01.2023

Комментарий

Результаты работы дополняют наши сведения о предоперационных факторах риска развития дегенерации смежного сегмента. Безусловно, хирургия не влияет на причины болезни, которая в связи с этим после операции протекает своим чередом, если пациент не замедляет ее течение занятиями, укреплением мышц спины, снижением неблагоприятных нагрузок на позвоночный столб,

не меняет свой привычный уклад жизни, который привел его к этому состоянию. Вероятно, на момент операции смежные сегменты имеют уже значительный процент дегенеративных изменений, а когда они достигнут стадии хирургии — это вопрос времени и усердия больного.

А.А. Гринь (Москва)