

doi : 10.52485/19986173\_2021\_4\_209

УДК 617-089.844

<sup>1</sup>Раменский В.В., <sup>1</sup>Орлов А.Ю., <sup>1</sup>Назаров А.С.,  
<sup>2</sup>Афанасьева И.С., <sup>1</sup>Зайрханов А.Д., <sup>1</sup>Беляков Ю.В.

### СИНДРОМ ПОРАЖЕНИЯ СМЕЖНОГО УРОВНЯ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

<sup>1</sup> *Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени проф. А.Л. Поленова – филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191014, Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 12;*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, 192242, Санкт-Петербург, Будапештская ул., 3, лит. А*

**Резюме.** В предлагаемой статье представлена значимость выявления факторов риска в развитии синдрома смежного уровня, а также продемонстрирован способ его коррекции. Обзор проиллюстрирован клиническим примером лечения пациентки с данной патологией, проявившейся выраженным болевым синдромом поясничного отдела позвоночника. Пациентке выполнено оперативное лечение. В послеоперационном периоде отмечена положительная динамика в виде регресса болевого и радикулопатического синдромов.

**Ключевые слова:** спондилодез, синдром смежного уровня, дегенеративные изменения

<sup>1</sup>Ramenskiy V.V., <sup>1</sup>Orlov A.Yu., <sup>1</sup>Nazarov A.S.,

<sup>2</sup>Afanasyeva I.S., <sup>1</sup>Zairhanov A.D., <sup>1</sup>Belyakov Yu.V.

### SYNDROME OF LESION OF THE ADJACENT LEVEL OF THE LUMBAR SPINE

<sup>1</sup>*Polenov Neurosurgical Research Institute, branch of the Almazov National Medical Research Centre, 12 Mayakovsky str., St. Petersburg, Russia, 191014;*

<sup>2</sup>*St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, 3, lit. A Budapeshetskaya str., St. Petersburg, Russia, 192242*

**Abstract.** The proposed article presented a method for the development and correction of syndrome of lesion of the adjacent level of the lumbar spine. The review is illustrated by a clinical example of the treatment of a patient with this pathology, manifested by severe pain syndrome of the lumbar spine. The patient got surgical treatment. In the postoperative period, there was a positive trend, it is regression of pain and radiculopathic syndromes.

**Key Words:** fusion, adjacent segment disease, degenerative changes

По распространенности дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника (ДДЗП) находятся в одном ряду с сосудистой и онкологической патологией, 83% людей хотя бы один раз в жизни испытывали боль в спине. Около 21 млн человек нуждаются в хирургическом лечении. Количество неудовлетворительных результатов хирургического лечения ДДЗП достигает в среднем 35%. Частота рецидивов заболевания, требующих повторного оперативного пособия, составляет в среднем 25% [1, 9]. Инструментальный спондилодез – основной способ лечения при травмах и дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника.

Позвоночник, подвергшийся инструментальному спондилодезу получает дополнительную нагрузку смежных отделов, ввиду измененной биомеханики [3, 7].

Синдром поражения смежного уровня (СПСУ) – одно из частых осложнений спондилодеза. Эта операция включает декомпрессию, посредством малоинвазивного (MIS) трансфораминального межтелового спондилодеза (TLIF), заднего поясничного межтелового спондилодеза (PLIF), заднебоковые поясничные (заднебоковой поясничный спондилодез (PLF)). В отечественной и зарубежной литературе представлены сведения о факторах риска, предрасполагающих к развитию дегенеративных изменений в смежном с фиксируемым

уровнем. С. Lee (2009 г.) обозначил роль поражения межпозвонковых суставов, аналогичные выводы были сделаны и К. На (1998 г.) в результате проведенного исследования было получено подтверждение, что степень поражения суставов прямо пропорциональна частоте развития синдрома смежного уровня [12, 13].

Отмечено значение степени выраженности гиполордоза в формировании СПСУ, такие данные получили J. Soh (2013 г.) в результате пятилетнего наблюдения за 55 пациентами после проведенного спондилодеза [14]. В своей работе авторы сообщают, что при уменьшении угла между верхней пластинкой верхнего позвонка и нижней пластинкой нижнего позвонка в сегменте спондилодеза менее 15 градусов, риск развития ПСУ увеличивается в 4,67 раза. Наличие антелистега в смежном уровне, также доказано является фактором способствующим формированию синдрома поражения смежного уровня, что показал Y. Aota (1995 г.) [15].

Одним из крупнейших исследований в изучении факторов риска СПСУ является работа D. Ahn (2010 г.). В результате наблюдения за 3188 пациентами в течение 10 лет после спондилодеза была доказана роль пожилого возраста (СПСУ в возрасте старше 61 года развивается чаще в 4 раза) [16]. В более поздних работах, например, Maragkos G.A., Atesok K., Papavassiliou E. (2020 г.) акцент смещен в сторону других факторов, таких как женский пол [17]. A.S. Hilibrand и M. Robbins (2004 г.) разделили патологию смежного сегмента (adjacent segment pathology, ASP) на два вида – «дегенерация соседнего сегмента» (adjacent segment degeneration, ASDeg) и «болезнь соседнего сегмента» (adjacent segment disease, ASDis). При этом, они определили характерные изменения на рентгенограммах смежного сегмента после спондилодеза на позвоночнике как «дегенерацию соседнего сегмента», которая не коррелирует с клиническими симптомами, а «болезнь смежного сегмента» – как клинические проявления сопоставимые с изменениями выявленными на рентгенограммах смежного сегмента после операции на позвоночнике со спондилодезом [18]. Harrop J.S., Youssef J.A. (2008 г.) опубликовали работу, в которой сообщают, что частота развития рентгенологического синдрома смежного уровня варьирует от 5,2 до 100,0%, при этом частота развития клинических проявлений «болезни смежного сегмента» колебалась от 0 до 27,5% [19].

Сроки развития синдрома смежного уровня переменны и могут колебаться от 3 до 84 месяцев. Этот период времени у пациентов, оперированных по поводу дегенеративного поражения позвоночника с применением стабилизации, описывают в своих работах Etebar S., Cahill D.W. (1999 г.) и Schlegel J.D., Smith J.A., Schleusener R.L. (1996 г.) [20, 21]. Кроме того, Sears W.R. (2011 г.) после проведенного ретроспективного когортного исследования пришли к выводу, что риск развития синдрома смежного уровня, требующего повторного вмешательства, пропорционален количеству оперированных сегментов [22].

По данным T. Kim с соавт., через 10 лет после оперативного лечения СПСУ встречается у половины больных, из них около 20% вновь обратятся за оперативной помощью [6, 8]. Следует отметить, что частота развития смежного уровня вышележащего и нижележащего также отличается. Как показали Aono H., Takenaka S. (2020 г.), проводя исследование на 131 пациенте, чаще (18,3%) поражается краниальный сегмент, а поражение нижележащего уровня встречается в 2,3% случаев [23].

Описанные в литературе факторы можно разделить на две части – анамнез жизни пациента и хирургический подход. В первую группу выделяют: женский пол, возраст более шестидесяти лет, ожирение, вредные привычки, а также сопутствующую соматическую патологию, приводящую к иммунодефициту. Не менее важную роль играют имеющиеся дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника, грыжи, стеноз позвоночного канала, сегментарная нестабильность, спондилолистез прилегающего сегмента. Хирургически значимыми факторами являются: протяженность самой металлической конструкции, включение сегмента L5–S1 в зону транспедикулярной фиксации, технические ошибки спондилодеза, ведущие к нарушению осевого баланса [4]. Частота возникновения синдрома поражения смежного уровня (до 30%) выше при открытой или после

малоинвазивной хирургии (MIS), посредством трансфораминального поясничного межтелового спондилодеза (TLIF), заднего поясничного межтелового спондилодеза (PLIF), в то время как декомпрессия с неинструментальным слиянием приводит к гораздо меньшему риску развития данного синдрома на 5,6% [11].

В настоящее время существует два основных пути профилактики данного осложнения. Один из них заключается в установке динамической системы фиксации с сохранением подвижности на оперируемом уровне. Второй вариант – это пролонгирование металлической фиксации [2, 5].

**Цель настоящей работы:** на клиническом примере показать значимость выявления факторов риска в развитии синдрома смежного уровня и продемонстрировать один из способов коррекции.

**Клинический случай.** Пациентка Ш., 1962 г. р., поступила в 1-е нейрохирургическое отделение РНХИ А.Л. Поленова – филиал ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России в сентябре 2020 года с жалобами на постоянные боли в поясничном отделе позвоночника, иррадиирующие в правую нижнюю конечность по передне-наружной поверхности бедра.

Из анамнеза известно, что болеет с 2014 г., когда впервые возникли боли в поясничном отделе позвоночника. Была обследована по месту жительства, выполнено МРТ поясничного отдела позвоночника, где выявлена протрузия межпозвонкового диска L4–L5. Проведена операция (10.09.2014) – гемиламинэктомия L5 справа фасетэктомия L4-L5, корпородез кейджем L4-L5, транспедикулярная фиксация на уровне L4-L5. В послеоперационном периоде отмечала положительный эффект в виде регресса болевого синдрома. У пациентки из анамнеза: гипертонической болезнью 2 ст., риск сердечно-сосудистых осложнений 3; сахарный диабет 2 типа; ожирение 3 ст.

В августе 2020 года, на фоне выраженного болевого синдрома, выполнила МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника (ПКОП), где выявлен стеноз позвоночного канала на уровне L3-L4, L5-S1. (Рис. 1, Рис. 2) Состояние после ТПФ на уровне L4- L5. Антелистез L5.



**Рис. 1.** МРТ поясничного отдела позвоночника. Сагиттальный срез (до оперативного лечения).



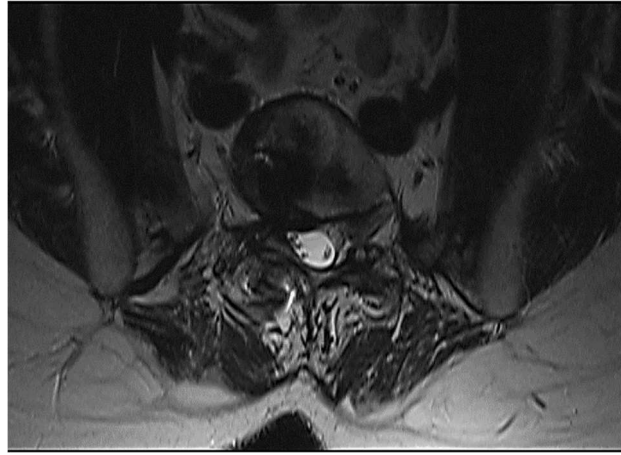
**Рис. 2.** МРТ поясничного отдела позвоночника. Аксиальный срез на уровне L3-L4 (до оперативного лечения).

В неврологическом статусе на момент поступления выявлено снижение коленных рефлексов D>S, гипестезия в зоне иннервации дерматомов L3 справа и слева. Болезненность при пальпации паравертебральных точек на уровне L5-S1. Симптом Лассега справа с угла 30 градусов, слева с угла 40 градусов. В поясничном отделе позвоночника наклоны и повороты были ограничены ввиду болевого синдрома.

Выставлен диагноз: «Дегенеративно-дистрофическое заболевание позвоночника с поражением поясничного и крестцового отделов. Дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L3-L4, L5-S1. Спондилолизный антеспондилолистез L3, L5 1 степени по Meyerding. Двусторонний радикулопатический синдром L3 корешка. Синдром перемежающейся нейрогенной хромоты. Болевой синдром. (Рис. 3, Рис. 4).



**Рис. 3.** МРТ поясничного отдела позвоночника. Сагиттальный срез (до оперативного лечения).



**Рис. 4.** МРТ поясничного отдела позвоночника Аксиальный срез на уровне L5-S1 (до оперативного лечения). Стеноз позвоночного канала и правого фораминального отверстия на уровне L5-S1.

Пациентке 30.09.20 проведено хирургическое лечение – микрохирургическая декомпрессия дурального мешка и корешков спинного мозга на уровне L3-L4, L5-S1, дискэктомия L3-L4, L5-S1, трансфораминальный межтеловой спондилодез кейджем на уровне L3-L4, L5-S1, транспедикулярная фиксация на уровнях L3-L4, L5-S1.

На МСКТ пояснично-крестцового отделов позвоночника состояние после декомпрессии дурального мешка и корешков спинного мозга, дискэктомии L3-L4, L5-S1 и трансфораминального межтелового спондилодеза кейджами на уровне L3/L4, L5/S1, транспедикулярная фиксация на уровнях L3/L4, L5/S1 (Рис. 5).



**Рис. 5.** МСКТ поясничного отдела. 2-е сутки после операции. Сагиттальный срез (после оперативного лечения)

На фоне проведенного лечения отмечалась положительная динамика в виде регресса болевого и частичного регресса радикулопатического синдромов (сохранялась легкая гипестезия в зоне иннервации L3 корешков). В послеоперационном периоде, начиная со 2-х суток, проводились занятия ЛФК и физиотерапевтическое лечение. В удовлетворительном состоянии выписана в поликлинику под наблюдение невролога на 10 суток. Катамнез в течение 6 месяцев, без рецидива болевого синдрома.

**Обсуждение.** По мнению ряда авторов – Масевнин С.В., Пташников Д.А., Михайлов Д.А. (2016 г.) [4], важным моментом в развитии синдрома смежного уровня является наличие определенных факторов, таких как женский пол, ожирение (ИМТ>30), курение, менопауза, сопутствующая соматическая патология – сахарный диабет 2 типа, гипертоническая болезнь, существовавшие ранее дегенеративные изменения позвоночника.

Другие авторы – Никитин А.С., Асратян С.А. (2015 г.) – в своей работе представили, что основным факторам риска развития данного синдрома является уже имеющееся поражение смежного сегмента, также выявлено, что применение различных типов динамической фиксации позволяет снизить частоту развития СПСУ. К наиболее эффективным методам профилактики, по их мнению, относится транспедикулярная система с головкой винта подвижной в сагитальной плоскости и дополнение ригидного спондилодеза межостистым фиксатором на уровень выше [5].

По нашему мнению, появление синдрома смежного уровня у пациентов имеет свои предпосылки развития и, при сочетании значимых факторов, может ускорить появление данной патологии, что зачастую приводит к выраженному болевому синдрому, неподдающемуся консервативному лечению. При планировании спондилодеза хирург должен учитывать риск развития синдрома смежного уровня, в таких случаях мы придерживаемся тактики Nachanakian (2013 г.) [10], что при первичном хирургическом вмешательстве и имеющемся комплексе значимых факторов риска требуется применение дополнительной металлофиксации смежных уровней, что предупредит возникновение СПСУ в будущем.

**Вывод.** Данный клинический случай иллюстрирует необходимость персонализированного подхода к лечению каждого пациента. Появление синдрома смежного уровня имеет свои предпосылки и факторы риска (женский пол, ИМТ более 30, курение, менопауза, сопутствующая соматическая патология, существовавших ранее дегенеративных изменений позвоночника), которые могут ускорить появление данной патологии и привести к рецидиву болевого синдрома.

Повышенная частота дегенеративных изменений и нестабильность, преимущественно на уровне как ниже-, так и вышележащего сегмента, после спондилодеза с клиническим ухудшением подтверждает необходимость ранней оценки факторов риска развития синдрома смежного уровня, с целью прогнозирования осложнений, на этапе планирования оперативного вмешательства, выбранная тактика обеспечит благоприятный исход лечения.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело финансовой поддержки.

**Сведения о вкладе каждого автора в работу:**

Раменский В.В. – 25% (разработка концепции и дизайна исследования, анализ и интерпретация данных, анализ литературы по теме исследования, научное редактирование, утверждение окончательного текста статьи).

Орлов А.Ю. – 10% (техническое редактирование, утверждение окончательного текста статьи).

Назаров А.С. – 10% (техническое редактирование, утверждение окончательного текста статьи).

Афанасьева И.С. – 15% (сбор данных, анализ и интерпретация данных).

Заирханов А.Д. – 15% (анализ литературы по теме исследования).

Беляков Ю.В. – 25% (сбор данных, анализ и интерпретация данных, анализ литературы по теме исследования, написание текста статьи, техническое редактирование, утверждение окончательного текста статьи).

**Список литературы:**

1. Кудзиев А.В. Орлов А.Ю., Иваненко А.В., Назаров А.С., Беляков Ю.В. Болезнь смежных уровней у пациентов с одноуровневой ригидной стабилизацией по методике TLIF в поясничном отделе позвоночника. В сборнике материалов XIX Всерос. Науч. практ. конф. «Поленовские чтения». Спб. 2020. 59-60.
2. Абакиров М.Дж. et al. Результаты ревизионных операций при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника. **Политравма. 2020.** 1. 31-40.
3. Олейник А.А., Иванова Н.Е., Давыдов Е.А., Тюлькин О.Н., Назаров А.С. Мультимодальные причины рецидива болевого синдрома после хирургического лечения поясничного остеохондроза. *Российский журнал боли.* 2018. 2(56). 52-53.
4. Масевнин С.В., Пташников Д.А., Михайлов Д.А., Смекаленков О.А., Заборовский Н.С., Лапаева О.А., Ян Л., Мураби З. Роль основных факторов риска в раннем развитии синдрома смежного уровня у пациентов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2016. 13(3). 60-67.
5. Никитин А.С., Асратян С.А., Новиков А.Е. Синдром поражения смежного уровня поясничного отдела позвоночника после спондилодеза. *Вестник Ивановской медицинской академии.* 2015. 20(2). 66-70).
6. Евсюков А.В., Климов В.С., Лопарев Е.А. Результаты повторных вмешательств после инструментальной фиксации позвоночника при дегенеративно-дистрофическом заболевании поясничного отдела позвоночника. *Russian journal of neurosurgery.* 2017. 4. 65-66.
7. Chou D., Lau D., Skelly A., Ecker E. Dynamic stabilization versus fusion for treatment of degenerative spine conditions. *Evidence-Based Spine-Care Journal.* 2011. 2(3). 33-42.
8. Kim T. [et al.] Comparison of adjacent segment degeneration after successful posterolateral fusion with unilateral or bilateral pedicle screw instrumentation: a minimum 10-year follow-up. *The Spine Journal.* 2013. 13(10). 1208-1216.
9. Ravindra V.M., Steven S.S., Abbas R., Michael C.D., Roger H., Erica B., et al. Degenerative lumbar spine disease: estimating global incidence and worldwide volume. *Global Spine J.* 2018. 8(8). 784-794.
10. Nachanakian A., Helou A., Alaywan M. The Interspinous Spacer: A New Posterior Dynamic Stabilization Concept for Prevention of Adjacent Segment Disease. *Advances in Orthopedics.* 2013. 63. 3-10
11. Epstein N.E. Adjacent level disease following lumbar spine surgery: A review. *Surg Neurol Int.* 2015. 6(24). S591-S599/
12. Lee C. [et al.] Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *Eur. Spine J.* 2009. 18. 1637-1643.
13. Ha K. [et al.] Changes of the adjacent-unfused mobile segment after instrumental lumbar fusion: more than 5-years follow-up. *J Korean Soc Spine Surg.* 1998. 5. 205-214.
14. Soh J., Lee J., Shin B. Analysis of Risk Factors for Adjacent Segment Degeneration Occurring More than 5 Years after Fusion with Pedicle Screw Fixation for Degenerative Lumbar Spine. *Asian Spine J.* 2013. 7(4). 273-281.
15. Aota Y., Kumano K., Hirabayashi S. Postfusion instability at the adjacent segments after rigid pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal disorders. *J. Spinal. Disord.* 1995. 8. 464-473.
16. Ahn D.K. [et al.] Survival and Prognostic Analysis of Adjacent Segments after Spinal Fusion. *Clinics in Orthopedic Surgery.* 2010. 2. 140-147.
17. Maragkos G.A., Atesok K., Papavassiliou E. Prognostic Factors for Adjacent Segment Disease After L4-L5 Lumbar Fusion. *Neurosurgery.* 2020. 86(6). 835-842. doi: 10.1093/neuros/nyz241. PMID: 31245812.

18. Hilibrand A.S., Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? *Spine J.* 2004. 4(6 Suppl). 190S-194S. doi: 10.1016/j.spinee.2004.07.007
19. Harrop J.S., Youssef J.A., Maltenfort M. et al. Lumbar adjacent segment degeneration and disease after arthrodesis and total disc arthroplasty. *Spine.* 2008. 33. 1701-1707. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817bb956
20. Etebar S., Cahill D.W. Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability. *J Neurosurg.* 1999. 90(2 Suppl). 163-169
21. Schlegel J.D., Smith J.A., Schleusener R.L. Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions. *Spine.* 1996. 21. 970-981. DOI: 10.1097/00007632-199604150-00013.
22. Sears W.R., Sergides I.G., Kazemi N. et al. Incidence and prevalence of surgery at segments adjacent to a previous posterior lumbar arthrodesis. *Spine J.* 2011. 11. 11-20. doi: 10.1016/j.spinee.2010.09.026.
23. Aono H., Takenaka S., Tobimatsu H., Nagamoto Y., Furuya M., Yamashita T., Ishiguro H., Iwasaki M. Adjacent-segment disease after L3-4 posterior lumbar interbody fusion: does L3-4 fusion have cranial adjacent-segment degeneration similar to that after L4-5 fusion? *J Neurosurg Spine.* 2020. 1-6. doi: 10.3171/2020.3.SPINE20122. Epub ahead of print. PMID: 32470931

#### References:

1. Kudziev A.V. Orlov A.Yu., Ivanenko A.V. Nazarov A.S. Belyakov Yu.V. Disease of adjacent levels in patients with single-level rigid stabilization according to the TLIF technique in the lumbar spine. Coll. materials XIX All-Russia. Sci. practical conf. "Polenov Readings". St Petersburg. 2020. 59-60. in Russian.
2. Abakirov M. J. et al. Results of revision operations in degenerative-dystrophic diseases of the lumbosacral spine. *Polytrauma.* 2020. 1. 31-40. in Russian.
3. Oleinik A.A., Ivanova N.E., Davydov E.A., Tyulkin O.N., Nazarov A.S. Multimodal causes of pain syndrome recurrence after surgical treatment of lumbar osteochondrosis. *Rossiyskiy zhurnal boli.* 2018. 2(56). 52-53. in Russian.
4. Masevnin S.V., Ptashnikov D.A., Mikhailov D.A., Smekalenkov O.A., Zaborovsky N.S., Lapaeva O.A., Yan L., Murabi Z. Role of the main risk factors in early development syndrome of the adjacent level in patients after spinal fusion of the lumbar spine. *Khirurgiya pozvonochnika.* 2016. 13(3). 60-67. in Russian.
5. Nikitin A.S., Asratyan S.A., Novikov A.E. Syndrome of lesion of the adjacent level of the lumbar spine after spinal fusion. *Vestnik Ivanovskoy meditsinskoy akademii.* 2015. 20(2). 66-70). in Russian.
6. Evsyukov A.V., Klimov V.S., Loparev E.A. Results of repeated interventions after instrumental fixation of the spine in degenerative-dystrophic disease of the lumbar spine. *Russian journal of neurosurgery.* 2017. 4. 65-66. in Russian.
7. Chou D., Lau D., Skelly A., Ecker E. Dynamic stabilization versus fusion for treatment of degenerative spine conditions. *Evidence-Based Spine-Care Journal.* 2011. 2(3). 33-42.
8. Kim T. [et al.] Comparison of adjacent segment degeneration after successful posterolateral fusion with unilateral or bilateral pedicle screw instrumentation: a minimum 10-year follow-up. *The Spine Journal.* 2013. 13(10). 1208-1216.
9. Ravindra V.M., Steven S.S., Abbas R., Michael C.D., Roger H., Erica B., et al. Degenerative lumbar spine disease: estimating global incidence and worldwide volume. *Global Spine J.* 2018. 8(8). 784-794.
10. Nachanakian A., Helou A., Alaywan M. The Interspinous Spacer: A New Posterior Dynamic Stabilization Concept for Prevention of Adjacent Segment Disease. *Advances in Orthopedics.* 2013. 63. 3-10
11. Epstein N.E. Adjacent level disease following lumbar spine surgery: A review. *Surg Neurol Int.* 2015. 6(24). S591-S599/



12. Lee C. [et al.] Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *Eur. Spine J.* 2009. 18. 1637-1643.
13. Ha K. [et al.] Changes of the adjacent-unfused mobile segment after instrumental lumbar fusion: more than 5-years follow-up. *J Korean Soc Spine Surg.* 1998. 5. 205-214.
14. Soh J., Lee J., Shin B. Analysis of Risk Factors for Adjacent Segment Degeneration Occurring More than 5 Years after Fusion with Pedicle Screw Fixation for Degenerative Lumbar Spine. *Asian Spine J.* 2013. 7(4). 273-281.
15. Aota Y., Kumano K., Hirabayashi S. Postfusion instability at the adjacent segments after rigid pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal disorders. *J. Spinal. Disord.* 1995. 8. 464-473.
16. Ahn D.K. [et al.] Survival and Prognostic Analysis of Adjacent Segments after Spinal Fusion. *Clinics in Orthopedic Surgery.* 2010. 2. 140-147.
17. Maragkos G.A., Atesok K., Papavassiliou E. Prognostic Factors for Adjacent Segment Disease After L4-L5 Lumbar Fusion. *Neurosurgery.* 2020. 86(6). 835-842. doi: 10.1093/neuros/nyz241. PMID: 31245812.
18. Hilibrand A.S., Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? *Spine J.* 2004. 4(6 Suppl). 190S-194S. doi: 10.1016/j.spinee.2004.07.007
19. Harrop J.S., Youssef J.A., Maltenfort M. et al. Lumbar adjacent segment degeneration and disease after arthrodesis and total disc arthroplasty. *Spine.* 2008. 33. 1701-1707. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817bb956
20. Etebar S., Cahill D.W. Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability. *J Neurosurg.* 1999. 90(2 Suppl). 163-169
21. Schlegel J.D., Smith J.A., Schleusener R.L. Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions. *Spine.* 1996. 21. 970-981. DOI: 10.1097/00007632-199604150-00013.
22. Sears W.R., Sergides I.G., Kazemi N. et al. Incidence and prevalence of surgery at segments adjacent to a previous posterior lumbar arthrodesis. *Spine J.* 2011. 11. 11-20. doi: 10.1016/j.spinee.2010.09.026.
23. Aono H., Takenaka S., Tobimatsu H., Nagamoto Y., Furuya M., Yamashita T., Ishiguro H., Iwasaki M. Adjacent-segment disease after L3-4 posterior lumbar interbody fusion: does L3-4 fusion have cranial adjacent-segment degeneration similar to that after L4-5 fusion? *J Neurosurg Spine.* 2020. 1-6. doi: 10.3171/2020.3.SPINE20122. Epub ahead of print. PMID: 32470931