



ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ СУСТАВОВ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ПОСЛЕ ПЕРЕДНЕГО МЕЖТЕЛОВОГО СПОНДИЛОДЕЗА И ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА

А.С. Елисеев¹, А.Е. Боков¹, С.Г. Млявух^{1, 2}

¹Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия

²Ильинская больница, Глухово, Россия

Цель исследования. Анализ влияния артропластики и переднего межтелового спондилодеза шейного отдела позвоночника на дегенеративные изменения в смежных межпозвонковых суставах.

Материал и методы. В ретроспективное когортное исследование включены 46 пациентов (22 — после артропластики межпозвонкового диска, 24 — после межтелового спондилодеза) с симптомами шейной спондилогенной компрессионной миелопатии и/или радикулопатии. Степень дегенерации фасеточных суставов смежных с оперированным сегментов оценивали через 12 мес. после хирургического лечения, дегенеративные изменения шейного отдела позвоночника — с помощью КТ по классификации Okamoto. Для просмотра изображений и оценки межпозвонковых суставов использовали программу Vidar Dicom Viewer 3.2. Статистическую обработку выполняли с помощью IBM SPSS Statistics 23. Данные представляли в виде медианы и 25-го и 75-го перцентилей — Ме [Q1; Q3].

Результаты. Средний возраст пациентов обеих групп составил 47 [39; 52] лет (U-тест Манна — Уитни; $p = 0,047$), в группе межтелового спондилодеза — 48 [42; 55] лет, в группе артропластики — 42 [36; 52] года. Сравнение дегенеративных изменений в группе межтелового спондилодеза до и после лечения (анализ Вилкоксона) показало статистически значимую разницу в краниальных ($p = 0,023$) и каудальных ($p = 0,001$) суставах с прогрессированием степени дегенеративных изменений. В группе с артропластики разницы до и после лечения (анализ Вилкоксона) не обнаружено ни в краниальных ($p = 0,157$), ни в каудальных ($p = 0,161$) суставах.

Заключение. Операции по стабилизации сегментов позвоночника при дегенеративных заболеваниях неоспоримо влияют на развитие синдрома смежного уровня. Однако применение технологии эндопротезирования позволяет добиваться менее выраженных дегенеративных изменений в межпозвонковых суставах смежных сегментов.

Ключевые слова: классификация спондилоартроза, фасеточный сустав, шейная артропластика, передний шейный межтеловой спондилодез, ACDF, CTDA.

Для цитирования: Елисеев А.С., Боков А.Е., Млявух С.Г. Дегенеративные изменения межпозвонковых суставов шейного отдела позвоночника после переднего межтелового спондилодеза и эндопротезирования межпозвонкового диска // Хирургия позвоночника. 2023. Т. 20. № 3. С. 72–78.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.3.72-78>.

DEGENERATIVE CHANGES IN THE INTERVERTEBRAL JOINTS OF THE CERVICAL SPINE AFTER ANTERIOR INTERBODY FUSION AND INTERVERTEBRAL DISC ARTHROPLASTY

A.S. Eliseev¹, A.E. Bokov¹, S.G. Mlyavukh^{1, 2}

¹Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

²JSC Ilyinskaya Hospital, Glukhovo, Russia

Objective. To study the effect of arthroplasty and anterior interbody fusion in the cervical spine on degenerative changes in the adjacent intervertebral joints.

Material and Methods. A retrospective cohort study included 46 patients (22 with cervical total disc arthroplasty — CTDA, and 24 with anterior cervical discectomy and fusion — ACDF) with symptoms of cervical spondylogenic compression myelopathy and/or radiculopathy. The degree of degeneration of facet joints adjacent to the operated segments was evaluated 12 months after surgical treatment. Degenerative changes in the cervical spine were assessed using CT according to the Okamoto classification. Vidar Dicom Viewer 3.2 software was used to view images and evaluate intervertebral joints. Statistical processing was performed using IBM SPSS Statistics 23. Data were presented as median and 25th and 75th percentiles — Ме [Q1; Q3].

Results. The mean age of patients in both groups was 47 [39; 52] years (Mann – Whitney U-test, $p = 0.047$). In the ACDF group it was 48 [42; 55] years and in the CTDA group – 42 [36; 52] years. Comparison of degenerative changes in the ACDF group before and after treatment (Wilcoxon analysis) showed a statistically significant difference in the cranial ($p = 0.023$), and caudal ($p = 0.001$) joints, with the progression of degeneration degree. In the CTDA group, no difference between pre- and post-treatment degeneration degree (Wilcoxon analysis) was found in either cranial joints ($p = 0.157$) or caudal joints ($p = 0.161$).

Conclusion. Surgeries to stabilize spinal segments in degenerative diseases undeniably affect the development of the adjacent level syndrome. However, the use of endoprosthetic technology makes it possible to aggravate the degree of degenerative changes in the intervertebral joints of adjacent segments to a lesser extent.

Key Words: spondyloarthrosis classification, facet joint, cervical arthroplasty, anterior cervical interbody fusion, ACDF, CTDA.

Please cite this paper as: Eliseev AS, Bokov AE, Mlyavikh SG. Degenerative changes in the intervertebral joints of the cervical spine after anterior interbody fusion and intervertebral disc arthroplasty. *Khirurgia Pozvonochnika (Russian Journal of Spine Surgery)*. 2023;20(3):72–78. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.3.72-78>.

Одна из причин повторного оперативного лечения пациентов после передней шейной дискэктомии и спондилодеза (anterior cervical discectomy and fusion – ACDF) – синдром смежного уровня. Это дегенеративное заболевание смежного с ранее фиксированным позвоночно-двигательным сегментом (adjacent segment disease – ASD). Проявляется болевым синдромом в шее, возможна радикулопатия и/или миелопатия, имеется выраженная компрессия нервных структур [1, 2].

Этиология синдрома смежного уровня многофакторна и включает в себя как возраст и пол пациентов, так и наличие естественных дегенеративных изменений межпозвонкового диска, тип фиксации смежного сегмента динамическими или ригидными имплантатами, протяженность спондилодеза, наличие фиксирующей пластины, влияние рентгенологических параметров баланса шейного отдела позвоночника [3–7]. Известно, что после эндопротезирования (артропластики) межпозвонкового диска шейного отдела позвоночника (cervical total disc arthroplasty – CTDA) частота повторных оперативных вмешательств по поводу синдрома смежного уровня меньше, чем после дискэктомии со спондилодезом [3, 4, 8, 9]. Стоит отметить, что в опубликованных работах мало внимания уделяется степени дегенеративных изменений межпозвонковых суставов, которая может отличаться от степени дегенерации межпозвонкового диска, влияя

на подвижность сегмента и быть причиной болевого синдрома [10, 11].

Известно, что источником боли в шее могут быть межпозвонковые суставы [12, 13]. Но оценка дегенерации фасеточных суставов не распространена в клинической практике из-за отсутствия значимой корреляции с тяжестью симптомов радикуло- и миелопатии, а также из-за отсутствия общепринятой классификации изменений, однако морфометрические параметры межпозвонковых суставов могут показать изменения до проявления клинически значимых симптомов. Поэтому мы приняли решение о проведении исследования, позволяющего сравнить дегенеративные изменения в межпозвонковых (фасеточных) суставах после выполнения CTDA и ACDF по классификации Окамото [10]. Особенности классификации в простоте применения, так как она основана на идентификации по КТ шейного отдела позвоночника по четко прописанным критериям оценки. Классификация показала хорошую согласованность применения среди спинальных нейрохирургов [10].

Цель исследования – анализ влияния артропластики и переднего межтелового спондилодеза шейного отдела позвоночника на дегенеративные изменения в смежных межпозвонковых суставах.

Материал и методы

В ретроспективные когортное исследование включены 46 пациентов (22 – с CTDA, 24 – с ACDF) с симп-

томами шейной спондилогенной компрессионной миелопатии и/или радикулопатии. Пациентам с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями шейного отдела позвоночника, с клиническими проявлениями шейной миелопатии и/или радикулопатии, у которых консервативное лечение не давало результатов в течение не менее 6 недель, провели хирургическую интервенцию на одном или двух позвоночно-двигательных сегментах. Степень дегенерации фасеточных суставов смежных с оперированным сегментами оценивали через 12 мес. после хирургического лечения.

Дегенеративные изменения шейного отдела оценивали с помощью КТ позвоночника по классификации Okamoto [10]. Всего выделено 6 степеней, но последняя разделена авторами на два подтипа – 5А и 5В, поскольку завершающая стадия дегенерации межпозвонкового сустава может привести как к нестабильности, так и к стабилизации посредством анкилоза. Для просмотра изображений и оценки межпозвонковых суставов использовали программу Vidar Dicom Viewer 3.2.

Статистическую обработку выполняли с помощью IBM SPSS Statistics 23. Данные представляли в виде медианы и 25-го и 75-го перцентилей – Me [Q1; Q3]. Использовали критерий Шапиро – Уилка для оценки распределения в выборках; непараметрические критерии анализа (U-критерий Манна – Уитни, критерий Вилкоксона) – при распределении, отличном

от нормального ($p \leq 0,017$). Нулевую гипотезу не отвергли при $p \geq 0,05$.

Результаты

Средний возраст пациентов обеих групп составил 47 [39; 52] лет (U-тест Манна – Уитни; $p = 0,047$). В группе ACDF – 48 [42; 55] лет, в группе CTDA – 42 [36; 52] года.

На диаграммах представлены данные о тяжести дегенеративных изменений межпозвоноковых суставов краниального и каудального смежных сегментов (рис. 1–4). Пациентов с 4-й степенью дегенерации межпозвоноковых суставов обнаружено не было. В одном случае была зарегистрирована степень дегенерации 5А.

Статистической разницы по степени дегенерации между ACDF и CTDA (анализ Манна – Уитни) до хирургического лечения нет как в краниальных фасеточных суставах ($p = 0,297$), так в каудальных ($p = 0,585$).

Сравнение дегенеративных изменений в группе ACDF до и после лечения (анализ Вилкоксона) показало статистически значимую разницу в краниальных ($p = 0,023$) и в каудальных ($p = 0,001$) суставах с прогрессированием степени дегенеративных изменений. В группе CTDA разницы до и после лечения (анализ Вилкоксона) не обнаружено ни в краниальных суставах ($p = 0,157$), ни в каудальных ($p = 0,161$).

Клинический случай. Пациент Д., 41 года, обратился с жалобами на боль в шее с иррадиацией в правую руку (5–7 баллов по ВАШ), онемение и слабость в IV и V пальцах кисти правой руки.

Появление жалоб отмечает с октября 2020 г. В течение 6 мес. проводилась консервативная терапия. За время лечения болевой синдром несколько уменьшился, однако в последний месяц пациента стала беспокоить выраженная слабость в кисти правой руки.

При осмотре: ограничение активных и пассивных движений в шейном отделе позвоночника, снижение мышечной силы в правой кисти до 4 баллов (активные движения

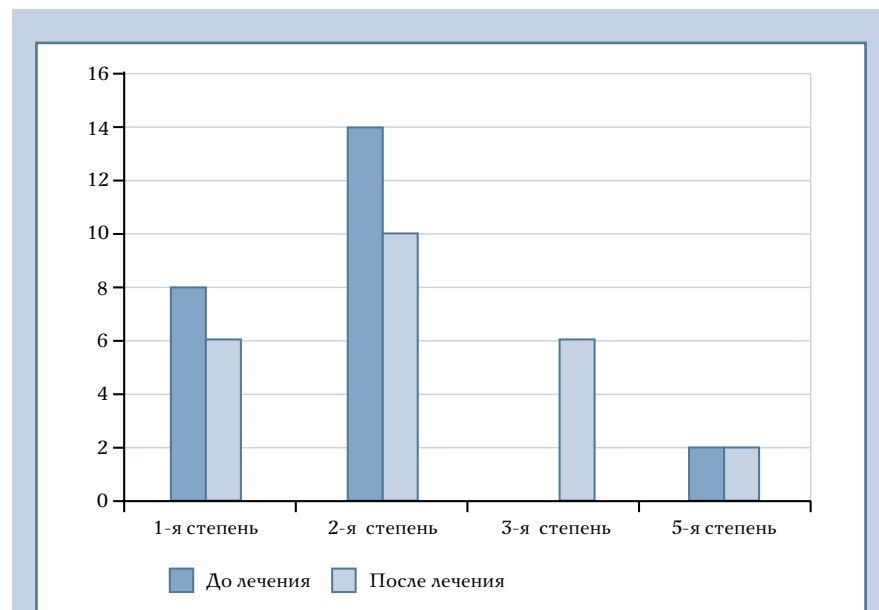


Рис. 1

Дегенеративные изменения смежных краниальных фасеточных суставов до и после спондилодеза ($p = 0,023$)

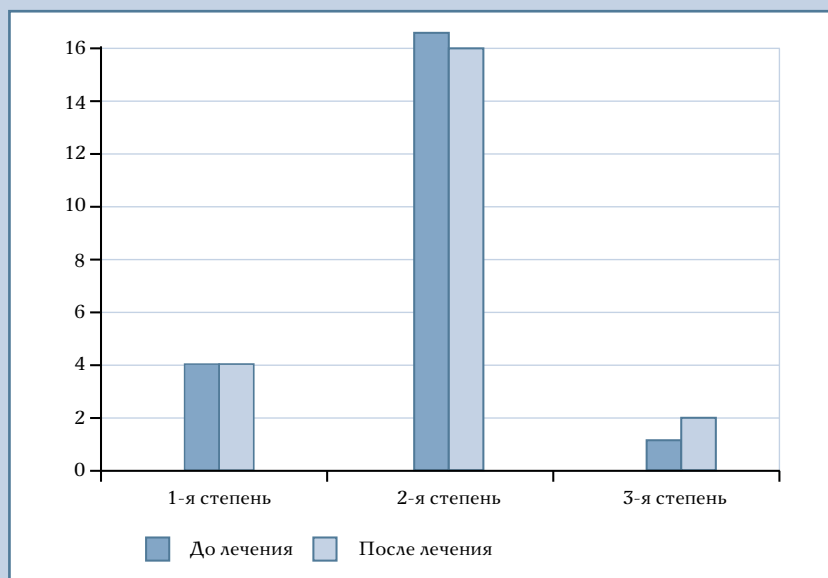


Рис. 2

Дегенеративные изменения смежных краниальных фасеточных суставов до и после артропластики ($p = 0,157$)

сохранены, сопротивление против небольшого внешнего противодействия), снижение болевой и температурной чувствительности в области мизинца на правой руке.

По данным МРТ и КТ верифицирована компрессия спинно-мозговых нервов на уровне сегментов C_5-C_6 , C_6-C_7 . Пациенту выполнили переднюю микрохирургическую декомпрес-

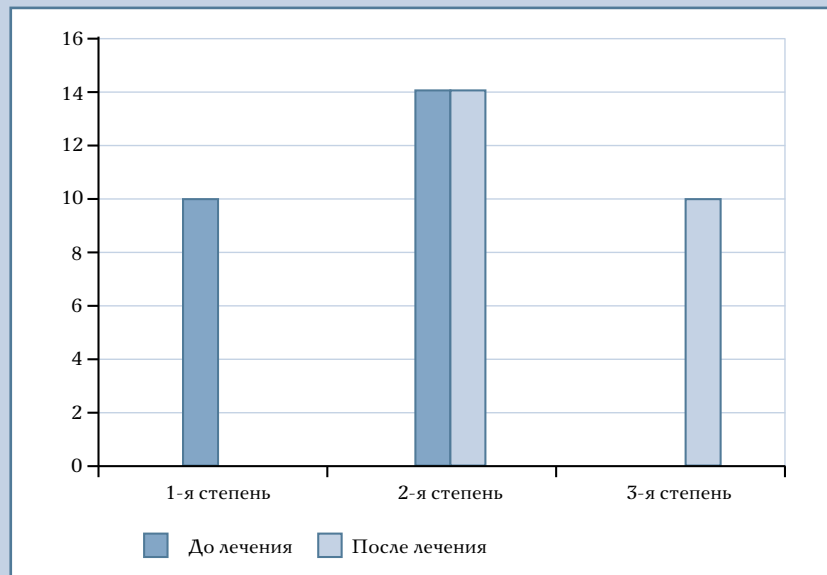


Рис. 3

Дегенеративные изменения смежных каудальных фасеточных суставов до и после спондилодеза ($p = 0,001$)

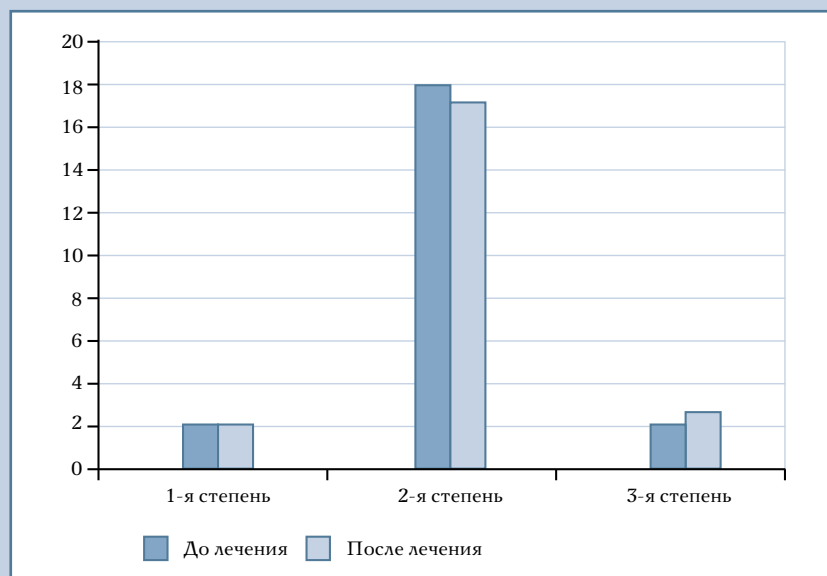


Рис. 4

Дегенеративные изменения смежных каудальных сегментов до и после артропластики ($p = 0,161$)

сию спинно-мозговых корешков, межтеловой спондилодез кейджами с остеокондуктивным материалом, переднюю фиксацию пластиной на уровнях C_5-C_6 , C_6-C_7 .

Через 12 мес. после оперативного лечения достигнут положительный результат – полное исчезновение неврологического дефицита, отсут-

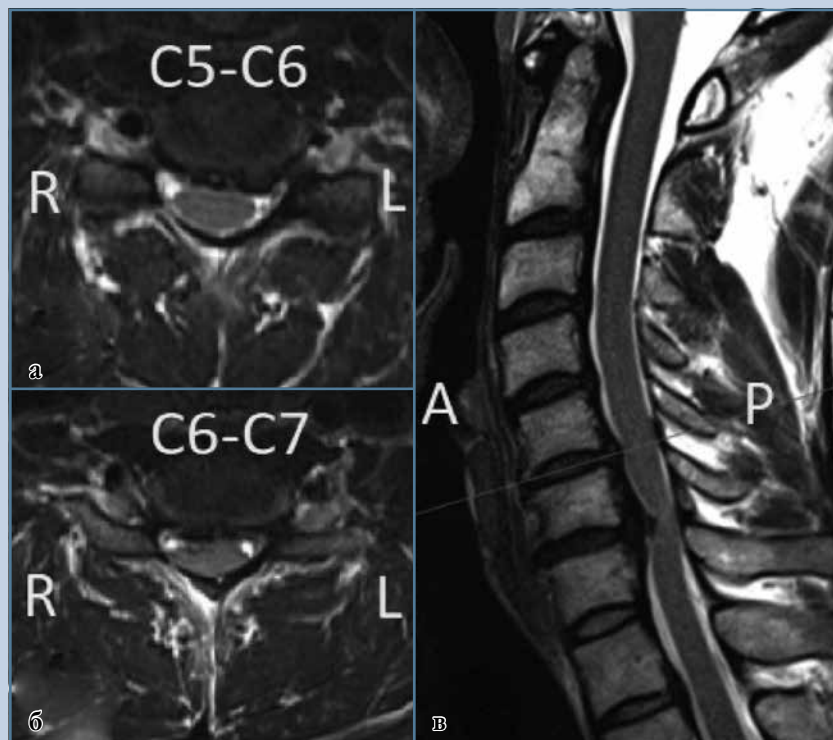
ствие болевого синдрома в шее и руке (рис. 5–7).

Обсуждение

В хирургии шейного отдела позвоночника исчезновение неврологического дефицита и улучшение качества жизни пациентов достигнуты благодаря передней дискэктомии с межтеловым спондилодезом, что сделало указанный способ лечения золотым стандартом. Однако качество жизни – субъективный критерий, на него оказывает влияние большое количество факторов, в том числе повторные оперативные вмешательства на позвоночнике. В течение нескольких лет после ACDF частой причиной повторных операций является синдром смежного уровня. Поиски причины его развития привели к лучшему пониманию биомеханики шейного отдела позвоночника [14]. В качестве одной из причин ASD стали рассматривать спондилодез ранее оперированного смежного сегмента. Эта гипотеза и легла в основу создания динамических имплантатов, в том числе эндопротезов межпозвонковых дисков шейного отдела позвоночника.

Доказано влияние подвижности сегментов на выраженность степени дегенерации межпозвонковых дисков [15, 16], из чего следует, что такие же изменения должны происходить и в межпозвонковых суставах. Выявить изменения в суставах по МРТ несколько затруднительно из-за особенностей анатомического строения, в отличие от КТ, которая позволяет подробно изучить их состояние. К тому же известна взаимосвязь между определением тяжести дегенерации в суставах с помощью КТ и выраженности неврологических нарушений [10].

В ходе исследования мы использовали классификацию Okamoto [10] для оценки дегенеративных изменений в межпозвонковых суставах шейного отдела позвоночника. Полученные данные говорят об усугублении выраженности дегенерации в краниальных и каудальных смежных межпозвонковых суставах после ACDF.

**Рис. 5**

МРТ шейного отдела позвоночника пациента Д: **а** – аксиальная проекция межпозвоночного диска C₅–C₆; **б** – аксиальная проекция межпозвоночного диска C₆–C₇; **в** – сагиттальная проекция шейного отдела позвоночника

**Рис. 6**

КТ шейного отдела позвоночника пациента Д: **а** – аксиальная проекция сегмента C₅–C₆; **б** – аксиальная проекция сегмента C₆–C₇; **в** – сагиттальная проекция шейного отдела позвоночника

После СТДА статистически значимого ухудшения в степени дегенерации смежных суставов не обнаружили. Однако при изучении диаграмм СТДА можно увидеть, что после лечения число пациентов со степенями 2 и 3 увеличилось.

Исследование подтверждает влияние спондилодеза на дегенеративные изменения межпозвоночных суставов, но так как, насколько нам известно, это первая работа, где применяется классификация Okamoto, других результатов, с которыми бы можно было сравнить полученные данные, нет.

Классификация Okamoto является новым исследовательским вкладом, представляющим иной подход к классификации дегенеративной патологии межпозвоночных суставов шейного отдела позвоночника при помощи данных КТ. Это отличает ее от существующих классификаций и добавляет новые аспекты к пониманию дегенеративных изменений фасеточных суставов шейного отдела. Классификация основана на визуальной оценке дегенеративных изменений фасеточных суставов путем интерпретации КТ-изображений и учитывает не только присутствие или отсутствие дегенеративных изменений фасеточных суставов, но и их характеристики (степень сужения межсуставной щели, образование остеофитов и перипартикулярных кист). Однако такой подход может привести к субъективности и вариабельности в интерпретации результатов между различными наблюдателями. Существует необходимость более стандартизированного и объективного подхода, что может быть важным дополнением к данной классификации. Несмотря на то что в оригинальном исследовании Okamoto классификация привязана к клинической оценке тяжести миелопатии, ее клиническая значимость остается сомнительной. Простота критериев оценки делает классификацию доступной, однако ограничение только КТ-исследованием, без уточнения кинематической информации о состоянии фасеточных суставов, не позволяет полностью понять влияние

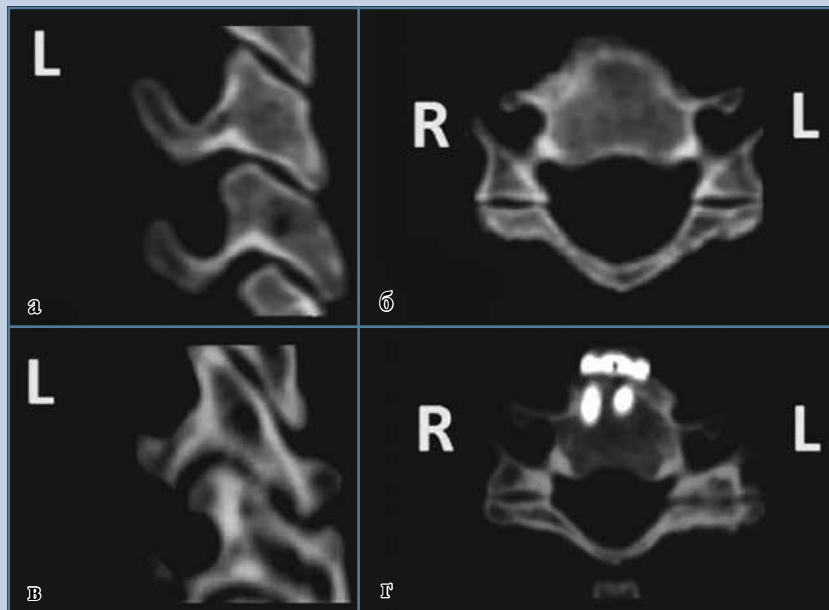


Рис. 7

Изменение степени дегенерации смежных краниальных фасеточных суставов у пациента Д. через 12 мес. после ACDF по результатам КТ: **а** – сагиттальная проекция левого фасеточного сустава до спондилодеза; **б** – аксиальная проекция до спондилодеза; **в** – аксиальная проекция левого фасеточного сустава через 12 мес. после спондилодеза; **г** – аксиальная проекция через 12 мес. после спондилодеза

дегенерации фасеточных суставов на функцию шейного позвоночника и возможные последствия для пациентов. Дополнительные исследования с продолжительным периодом наблюдения и определением корреляции между классификацией и результатами лечения могут помочь более точно определить клиническую примени-

мость и прогностическую ценность классификации. Анализ кинематики может быть полезен для более глубокого понимания влияния дегенеративных изменений фасеточных суставов на развитие спондилогенной шейной миелопатии и радикулопатии.

В целом, классификация Okamoto представляет собой новый подход

к оценке дегенерации фасеточных суставов шейного отдела позвоночника. Однако, несмотря на ее новизну, необходимы дальнейшие исследования и улучшения для более стандартизированной и полной оценки дегенеративных изменений фасеточных суставов и их клинического значения при дегенеративной спондилогенной шейной миелопатии.

Заключение

Операции по стабилизации сегментов позвоночника при дегенеративных заболеваниях неоспоримо влияют на развитие синдрома смежного уровня. Однако применение технологии эндопротезирования позволяет добиваться менее выраженных дегенеративных изменений в межпозвонковых суставах смежных сегментов.

Исследование выполнено в рамках госзадания № 121030100311-3 «Разработка технологий, повышающих эффективность декомпрессионно-стабилизирующих вмешательств с применением транспедикулярной фиксации и костной пластики у пациентов с дегенеративной патологией и травматическими повреждениями позвоночника». Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальными этическими комитетами учреждений. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

- Hilibrand AS, Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? Spine J. 2004;4(6 Suppl):S190–S194. DOI: 10.1016/j.spinee.2004.07.007.
- Alhashash M, Shousha M, Boehm H. Adjacent segment disease after cervical spine fusion: evaluation of a 70 patient long-term follow-up. Spine. 2018;43:605–609. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002377.
- Chung JY, Kim SK, Jung ST, Lee KB. Clinical adjacent-segment pathology after anterior cervical discectomy and fusion: results after a minimum of 10-year follow-up. Spine J. 2014;14:2290–2298. DOI: 10.1016/j.spinee.2014.01.027.
- Wu JC, Chang HK, Huang WC, Chen YC. Risk factors of second surgery for adjacent segment disease following anterior cervical discectomy and fusion: a 16-year cohort study. Int J Surg. 2019;68:48–55. DOI: 10.1016/j.ijsu.2019.06.002.
- Nassar A, Lee JY, Bashir RS, Rihn JA, Eck JC, Kang JD, Lim MR. Does incorrect level needle localization during anterior cervical discectomy and fusion lead to accelerated disc degeneration? Spine. 2009;34:189–192. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181913872.
- Chang HK, Chang CC, Tu TH, Wu JC, Huang WC, Fay LY, Chang PY, Wu CL, Cheng H. Can segmental mobility be increased by cervical arthroplasty? Neurosurg Focus. 2017;42:E3. DOI: 10.3171/2016.10.FOCUS16411.

7. **Chang PY, Chang HK, Wu JC, Huang WC, Fay LY, Tu TH, Wu CL, Cheng H.** Is cervical disc arthroplasty good for congenital cervical stenosis? *J Neurosurg Spine.* 2017;26:577–585. DOI: 10.3171/2016.10.SPINE16317.
8. **Xu S, Liang Y, Zhu Z, Qian Y, Liu H.** Adjacent segment degeneration or disease after cervical total disc replacement: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res.* 2018;13:244. DOI: 10.1186/s13018-018-0940-9.
9. **Xu S, Liang Y, Meng F, Wang K, Liu H.** Radiological exploration on adjacent segments after total cervical disc replacement with Prodisc-C prosthesis. *J Orthop Surg Res.* 2019;14:160. DOI: 10.1186/s13018-019-1194-x.
10. **Okamoto A, Takeshima Y, Yokoyama S, Nishimura F, Nakagawa I, Park YS, Nakase H.** Prevalence and clinical impact of cervical facet joint degeneration on degenerative cervical myelopathy: a novel computed tomography classification study. *Neurospine.* 2022;19:393–401. DOI: 10.14245/ns.2143258.629.
11. **Lee SH, Son DW, Lee JS, Sung SK, Lee SW, Song GS.** Relationship between endplate defects, Modic change, facet joint degeneration, and disc degeneration of cervical spine. *Neurospine.* 2020;17:443–452. DOI: 10.14245/ns.2040076.038.
12. **Manchikanti I, Kaye AD, Soin A, Albers SL, Beall D, Latchaw RE, Sanapati MR, Sairam Atluri SS, Abd-Elseyed A, Abdi S, Aydin S, Bakshi S, Boswell MV, Buenaventura R, Cabaret J, Calodney AK, Candido KD, Christo PJ, Cintron L, Diwan S, Gharibo C, Grider J, Gupta M, Haney B, Harned ME, Li SH, Jameson J, Jha S, Kaye AM, Knezevic NN, Kosanovic R, Manchikanti MV, Navani A, Racz G, Pampati V, Pasupuleti R, Philip C, Rajput K, Sehgal N, Sudarshan G, Vanaparthi R, Wargo BW, Hirsch JA.** Comprehensive evidence-based guidelines for facet joint interventions in the management of chronic spinal pain: American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP) guidelines. *Pain Physician.* 2020;23(3S):S1–S127.
13. **Manchikanti I, Singh V, Falco FJ, Cash KA, Fellows B.** Comparative outcomes of a 2-year follow-up of cervical medial branch blocks in management of chronic neck pain: A randomized, double-blind controlled trial. *Pain Physician.* 2010;13:437–450.
14. **Sawa AGU, de Andrada Pereira B, Rodriguez-Martinez NG, Reyes PM, Kelly BP, Crawford NR.** In vitro biomechanics of human cadaveric cervical spines with mature fusion. *Int J Spine Surg.* 2021;15:890–898. DOI: 10.14444/8114.
15. **Dmitriev AE, Cunningham BW, Hu N, Sell G, Vigna F, McAfee PC.** Adjacent level intradiscal pressure and segmental kinematics following a cervical total disc arthroplasty: an in vitro human cadaveric model. *Spine.* 2005;30:1165–1172. DOI: 10.1097/01.brs.0000162441.23824.95.
16. **Helgeson MD, Bevevino AJ, Hilibrand AS.** Update on the evidence for adjacent segment degeneration and disease. *Spine J.* 2013;13:342–351. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.12.009.

Адрес для переписки:

Елисеев Александр Сергеевич
603005, Россия, Нижний Новгород,
пл. Минина и Пожарского, 10/1,
Приволжский исследовательский медицинский университет,
eliseev94@mail.ru

Address correspondence to:

Eliseev Aleksandr Sergeyevich
Privolzhsky Research Medical University,
10/1 Minin and Pozharsky sq., Nizhny Novgorod, 603005, Russia,
eliseev94@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.07.2023

Рецензирование пройдено 25.08.2023

Подписано в печать 29.08.2023

Received 22.07.2023

Review completed 25.08.2023

Passed for printing 29.08.2023

Александр Сергеевич Елисеев, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии им. М.В. Колокольцева, Приволжский исследовательский медицинский университет, Россия, 603005, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1, ORCID: 0000-0001-7412-3570, eliseev94@mail.ru; Андрей Евгеньевич Боков, канд. мед. наук, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии им. М.В. Колокольцева, заведующий отделением онкологии и нейрохирургии института травматологии и ортопедии, Приволжский исследовательский медицинский университет, Россия, 603005, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1, ORCID: 0000-0002-5203-0717, bokov_a@pimunn.net; Сергей Геннадьевич Млявух, д-р мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии им. М.В. Колокольцева, Приволжский исследовательский медицинский университет, Россия, 603005, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1; руководитель службы спинальной хирургии и лечения боли, АО «Ильинская больница», Россия, 143421, Московская область, Красногорск, Глухово, ул. Рублевское предместье, 2, корп. 2, ORCID: 0000-0002-6310-4961, mlyavyb_s@pimunn.net.

Aleksandr Sergeyevich Eliseev, Assistant, Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery n.a. M.V. Kolokoltsev, Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky sq., Nizhny Novgorod, 603005, Russia, ORCID: 0000-0001-7412-3570, eliseev94@mail.ru; Andrey Evgenyevich Bokov, MD, PhD, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery n.a. M.V. Kolokoltsev, Head of the Department of Oncology and Neurosurgery, Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky sq., Nizhny Novgorod, 603005, Russia, ORCID: 0000-0002-5203-0717, bokov_a@pimunn.net; Sergey Gennadyevich Mlyavykh, DMSc, Associate Professor, Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery n.a. M.V. Kolokoltsev, Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky sq., Nizhny Novgorod, 603005, Russia; Head of the Spinal Surgery and Pain Management Service of the JSC Ilyinskaya Hospital, 2 bldg. 2 Rublyovskoye Suburb str., Glukhovo village, Krasnogorsk, Moscow region, 143421, Russia, ORCID: 0000-0002-6310-4961, mlyavyb_s@pimunn.net.