

**Морфологические и рентгенологические параметры фасеточных суставов в зависимости от степени дегенерации межпозвонкового диска****А.Е. Кривошеин<sup>1,3</sup>, В.П. Конев<sup>1</sup>, С.В. Колесов<sup>2</sup>, С.Н. Московский<sup>1</sup>, Ю.Т. Игнатьев<sup>1</sup>, С.А. Никитенко<sup>1</sup>, С.А. Ерофеев<sup>1,3</sup>**<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Омск, Россия<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Бюджетное учреждение здравоохранения Омской области

«Клинический медико-хирургический центр министерства здравоохранения Омской области», г. Омск, Россия

**Morphological and radiographic parameters of facet joints and their dependence on the grade of intervertebral disc degeneration****A.E. Krivoshein<sup>1,3</sup>, V.P. Konev<sup>1</sup>, S.V. Kolesov<sup>2</sup>, S.N. Moskovsky<sup>1</sup>, Yu.T. Ignatiev<sup>1</sup>, S.A. Nikitenko<sup>1</sup>, S.A. Erofeev<sup>1,3</sup>**<sup>1</sup>Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation<sup>2</sup>National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russian Federation<sup>3</sup>Clinical medical and surgical center of the Ministry of health of Omsk region, Omsk, Russian Federation

**Цель.** Изучить морфологические и рентгенологические параметры фасеточных суставов в зависимости от степени дегенерации межпозвонкового диска. **Материалы и методы.** Для изучения фасеточных суставов поясничного отдела позвоночника у 145 пациентов с различной стадией дегенерации по Pfirrmann, прооперированных с использованием ригидной фиксации и технологии TLIF, проводились МСКТ в двухэнергетическом режиме и морфологическое исследование операционного материала. **Результаты.** При Pfirrmann II визуализировано увеличение объемного содержания хондроцитов, плотности хрящевой пластинки по Хаунсфилду и уровня Са в фасеточных суставах, что свидетельствует о сохранении функциональности сустава. При Pfirrmann V происходили глубокие патологические изменения с нарушением архитектоники хрящевых образований фасеточных суставов, формированием костных элементов и прорастанием соединительной ткани в хрящевые и костные структуры сустава, что коррелировало с результатами МСКТ. **Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о выявленной тесной взаимосвязи между морфологическими и рентгенологическими изменениями в фасеточных суставах. Сопоставление полученных данных позволяет получить объективные критерии оценки степени патологических процессов фасеточных суставов и использовать их как диагностическую составляющую при планировании декомпрессионно-стабилизирующих пособий у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника. **Ключевые слова:** дегенерация диска, фасеточный сустав, смежный диск, МСКТ, морфология

**Objective** To study morphological and radiological parameters of facet joints depending on the grade of the intervertebral disc degeneration. **Materials and methods** To study the facet joints of the lumbar spine in 145 patients with various grades of degeneration according to Pfirrmann and treated using rigid fixation and TLIF technology, MSCT in 2-energy mode and morphological investigation of the intraoperative material were performed. **Results** In Pfirrmann grade 2, an increase in the volumetric content of chondrocytes, Hounsfield density of the cartilage plate, and the level of Ca in the facet joints was visualized. They indicate that the joint remains functional. In Pfirrmann grade 5, deep pathological changes occurred with violation of the architectonics of the cartilage formations of the facet joints, formation of bone elements and connective tissue growth into the cartilage and bone structures of the joint, which correlated with the results of MSCT. **Conclusion** The data obtained show that there is a close relationship between morphological and radiological changes in the facet joints. Modulating the data obtained allows us to obtain objective criteria for evaluating the grade of pathological processes in facet joints and use them as a diagnostic component when planning decompression and stabilizing operations in patients with degenerative diseases of the lumbar spine.

**Keywords:** disc degeneration, facet joint, adjacent disc, MSCT, morphology**ВВЕДЕНИЕ**

Дегенеративные заболевания позвоночника, в том числе сопровождающиеся хроническим болевым синдромом, представляют сложную проблему, требующую многодисциплинарного и мультимодального лечения [1]. При данной патологии поражается трудоспособный контингент, что сопровождается высокими рисками первичной инвалидизации и значимыми финансовыми затратами [2].

Основные причины развития болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника связаны с дегенерацией межпозвонковых дисков, дугоотростчатых суставов или их сочетанием [3]. При этом не всегда патологические процессы в них идут параллельно, в связи с чем

необходимо детальное предоперационное выделение патоморфологического субстрата и оценка выраженности дегенеративных изменений в структурах позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) для определения правильного способа и вида хирургического лечения [4].

Наибольшее распространение получили декомпрессионно-стабилизирующие вмешательства с использованием ригидных систем фиксации позвоночно-двигательного сегмента. Неудовлетворительные результаты таких хирургических вмешательств, прежде всего связанные с развитием синдрома смежного сегмента, послеоперационной нестабильностью, стимулируют исследователей

Морфологические и рентгенологические параметры фасеточных суставов в зависимости от степени дегенерации межпозвонкового диска / А.Е. Кривошеин, В.П. Конев, С.В. Колесов, С.Н. Московский, Ю.Т. Игнатьев, С.А. Никитенко, С.А. Ерофеев // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 4. С. 565-570. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-4-565-570

Krivoshein A.E., Konev V.P., Kolesov S.V., Moskovsky S.N., Ignatiev Yu.T., Nikitenko S.A., Erofeev S.A. Morphological and radiographic parameters of facet joints and their dependence on the grade of intervertebral disc degeneration. *Genij Ortopedii*, 2020, vol. 26, no 4, pp. 565-570. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-4-565-570

к поиску основных причин, определяющих развитие осложнений [5, 6, 7]. Формирование синдрома смежного диска связано с увеличением нагрузки на фасеточные суставы (ФС) и межпозвонковые диски смежного уровня. Особое внимание уделяется состоянию фасеточных суставов при использовании различных вариантов динамической фиксации позвоночника, а именно, степени дегенерации суставов (по Fujiwara), «тропизма дугоотростчатых суставов» и показателя фасеточного угла, а также степени дегенерации диска (по Pfirrmann) [8, 9].

Одной из оптимальных методик оценки структур позвоночно-двигательного сегмента является компьютер-

ная томография, особенно двухэнергетическая (ДЭКТ), получившая распространение в последние годы [10, 11].

В литературе отсутствуют научные публикации, посвященные модулированию морфологических и рентгенологических параметров фасеточных суставов в зависимости от степени дегенерации межпозвонкового диска, кроме того, не освещены вопросы о влиянии фасеточного артроза на нестабильность сегмента и развитие синдрома смежного диска в условиях различных методов фиксации ПДС.

**Цель исследования:** изучить морфологические и рентгенологические параметры фасеточных суставов в зависимости от степени дегенерации межпозвонкового диска.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С января 2017 по декабрь 2018 года в отделении травматологии № 2 (вертебрологии) БУЗОО «КМХЦ МЗОО» г. Омска выполнено 145 операций при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника. Исследование выполнено в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Исследование одобрено этическим комитетом Омского государственного медицинского университета. Все лица, участвующие в исследовании, или их законные представители подписали информированное согласие на участие и публикацию данных без идентификации личности. Исследование проведено в рамках государственного задания НИР № АААА-А18 118011190073-0 от 11.01.2018 г.

Критериями включения в группы исследования были:

- неэффективная консервативная терапия;
- длительный рецидивирующий болевой синдром;
- стойкий неврологический дефицит;
- отсутствие признаков сегментарной нестабильности;
- одноуровневая и двухуровневая дегенерация дисков II–V степени (Pfirrmann) по данным МРТ. Критериями исключения были:

- спондилолистез со спондилолизом;
- необходимость существенной коррекции сагиттального баланса;
- значимый остеопороз.

В исследование включено 145 пациентов, которым после комплексного клиничко-инструментального исследования проведены декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства на поясничном отделе позвоночника. В процессе оперативного пособия проводилась транспедикулярная фиксация ПДС, полная и частичная фасэктомия на уровне поражения, а также задний межтеловой спондилодез кейджем – технология (TLIF). Полученный материал во время операции подвергался морфологическому анализу.

На основе МРТ-визуализации все морфологически исследуемые фасеточные суставы были разделены на 4 группы в зависимости от степени дегенерации диска по Pfirrmann: к группе Pfirrmann II степени дегенерации диска отнесено 31 наблюдение, к группе Pfirrmann III степени – 36, к группе Pfirrmann VI степени – 46 и к группе Pfirrmann V степени – 32 наблюдения.

Морфологическое исследование проводилось на базе кафедры судебной медицины ОмГМУ. Фиксацию полученного в процессе оперативного доступа матери-

ала выполняли в 10 % нейтральном формалине. В дальнейшем материал подвергался декальцинации в 0,1 н. растворе соляной кислоты на физиологическом растворе. После декальцинации осуществлялась стационарная проводка материала по спиртам восходящей плотности с заливкой в парафин. Парафиновые среды окрашивались гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван Гизон. Препараты просматривались в световом микроскопе, а в необходимых случаях осуществлялось исследование и цифровое микрофотографирование в микроскопе NuLife Scientis. При стандартной морфометрии выявлялись счетные и мерные признаки.

Рентгенологическое исследование проводилось на базе БУЗОО «Клинический диагностический центр» и на базе кафедры лучевой диагностики ОмГМУ. МСКТ-исследование проводилось всем пациентам на этапе предоперационного планирования. МСКТ поясничного отдела позвоночника выполнялась в двухэнергетическом режиме на аппарате GE Discovery 750HD до оперативного вмешательства в режиме субмиллисекундного переключения напряжения 80 и 120 кВ при постоянной силе тока 450 мА. Сканирование выполнялось срезами 0,625 мм с последующей мультипланарной реконструкцией. Оценка показателей дегенеративно-дистрофических изменений проводилась исходя из классических рентгенологических проявлений данного процесса в позвоночно-двигательном сегменте на фоне двухэнергетического сканирования. Количественная рентгено-морфометрическая оценка состояния ФС выполнялась в зоне поражения, измерялась плотность субхондральной области (плотность наружной и внутренней фасетки) и области хрящевой пластинки ФС в единицах Хаунсфилда (HU) и по уровню кальция (Ca) на см кубический (рис. 1).

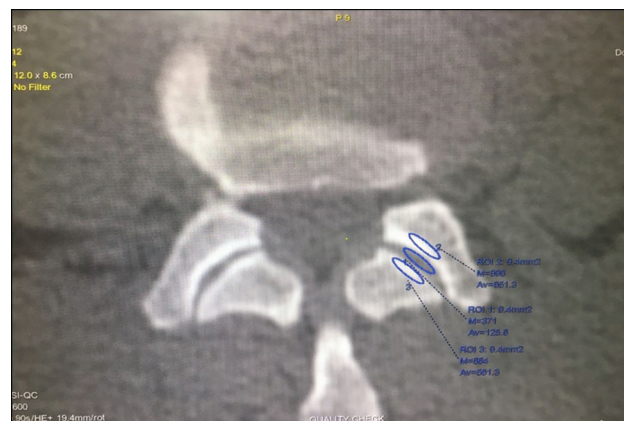


Рис. 1. Методика количественного определения плотности ткани ФС в единицах HU и по уровню Ca в см<sup>3</sup> зоны контроля, аксиальная проекция пораженного ПДС

Статистическая обработка полученных данных проводилась методами вариационной статистики с использованием стандартных пакетов Microsoft Excel 2008, Statistica 12,0, Biostat. При создании базы данных использовался редактор электронных таблиц MS Excel, 1С. В случае отличного от нормального типа распределения использовались непараметрические критерии. Статистическое измерение связи (силы и направления)

между признаками проводилось с помощью вычисления коэффициента корреляции рангов Спирмена ( $r_s$ ) с последующей оценкой диагностической значимости (критерии информативности: чувствительность ( $Se$ ) и специфичность ( $Sp$ )).

Расчет объема выборки проводился по формуле Лера для мощности 80 % и двухстороннего уровня значимости 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При морфологическом анализе операционного материала в группе Pfirrmann II были отмечены начальные признаки патологической костной регенерации в виде единичных вкраплений костных трабекул из субхондральных слоев кости фасеточных суставов в сторону хрящевой пластинки (рис. 2, а). В 28 наблюдениях этой группы вблизи костных трабекул отмечали активную регенерацию хондроцитов в глубоких слоях хрящевой пластинки. Выявлено статистически достоверное увеличение объемного содержания хондроцитов в поверхностной зоне хряща (табл. 1) за счет увеличения трех- и четырехклеточных лакун при одновременном снижении числа одноклеточных лакун, что свидетельствует об активации репаративных процессов.

При рентгенологическом исследовании (ДЭКТ) у пациентов этой группы плотность хрящевой пластинки составляла  $154,8 \pm 14,3$  HU, наружной фасетки –  $713,65 \pm 83,65$  HU и внутренней фасетки –  $582,1 \pm 65,1$  HU (рис. 2, б).

В 31 наблюдении в группе Pfirrmann III, вследствие увеличения нагрузки на исследуемые суставы, выявляли морфологические признаки увеличения трабекулярных костных вкраплений (патологическая регенерация) как по количеству, так и по глубине, что приводило к изменению топографической архитектоники на границе хряща и кости (рис. 3, а). Регенерация хондроцитов была одинаковой во всех слоях хрящевой пластинки и имела тенденцию к снижению (табл. 1). В костных структурах ФС выявили достоверное увеличение диаметра гаверсовых каналов, а также число прорастаний сосудов, что свидетельствовало о компенсаторном повышенном питании сустава.

По результатам ДЭКТ в этой группе было выявлено достоверное увеличение показателей плотности всех элементов ФС: плотность хрящевой пластинки увеличивалась до  $237 \pm 43,5$  HU, наружной фасетки – до  $828,55 \pm 100$  HU, внутренней фасетки – до  $716,4 \pm 140,8$  HU (рис. 3, б).

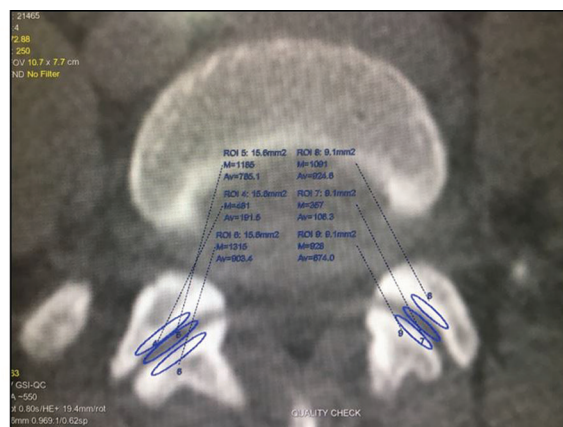
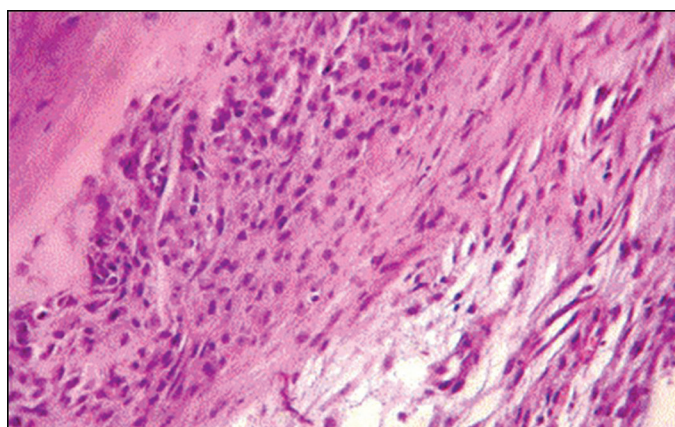


Рис. 2. Морфологическая и рентгенологическая картина фасеточных суставов в зоне поражения – группа Pfirrmann II: а – активная регенерация хондроцитов в глубоких слоях, единичное вкрапление костных трабекул. Окраска гематоксилином и эозином.  $\times 180$ ; б – аксиальная проекция ПДС в зоне поражения (МСКТ в двухэнергетическом режиме)

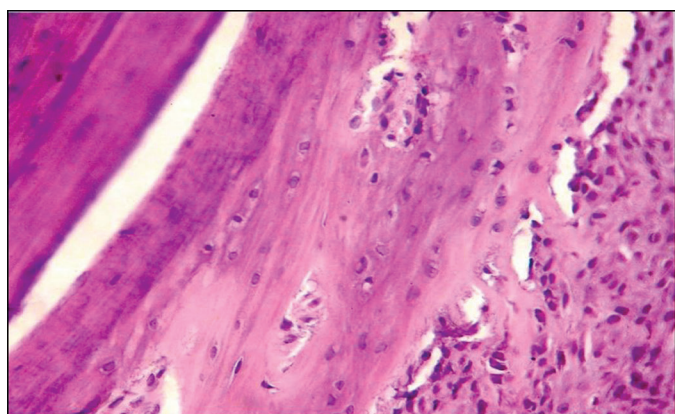


Рис. 3. Морфологическая и рентгенологическая картина фасеточных суставов в зоне поражения – группа Pfirrmann III: а – увеличение количества костных вкраплений по глубине и количеству. Окраска гематоксилином и эозином.  $\times 180$ ; б – аксиальная проекция ПДС в зоне поражения (МСКТ в двухэнергетическом режиме)

При морфологическом анализе операционного материала в группе Pfirrmann IV был отмечен активный рост костных трабекул (патологическая костная регенерация), которые замещали хрящевую пластинку на всем протяжении. Морфометрически установлено существенное увеличение объемного содержания хондроцитов в промежуточной зоне за счет увеличения числа двух- и трехклеточных лакун (табл. 1) и уменьшение объемной плотности клеток в хрящевой пластине, что свидетельствовало о ее истончении. Одновременно отмечали продолжающееся увеличение числа сосудов и диаметра гаверсовых каналов в костных структурах ФС, а также признаки прорастания соединительной ткани в хрящевые и костные структуры фасеточного сустава, что свидетельствовало о стойком нарушении питания хряща, склеротизации суставных поверхностей и, как следствие, меняющейся плотности элементов ФС (рис. 4, а). Данные результаты коррелировали с результатами определения плотности элементов ФС при ДЭКТ: плотность хрящевой пластинки несколько снижалась в сравнении с группой Pfirrmann III и составляла  $208,1 \pm 22,1$  HU, а плотность наружной и внутренней фасетки увеличивалась до  $903,1 \pm 96,9$  HU и  $808,7 \pm 91$  HU соответственно (табл. 1).

Морфологический анализ в группе Pfirrmann V выявил глубокие патологические разрастания костных

трабекул с формированием полноценных костных элементов на всем протяжении хрящевой пластинки. В межтрабекулярных пространствах сохранялись единичные неполноценные хрящевые зоны, в которых определяли скопление двух- и трехклеточных лакун. В хрящевые и костные структуры ФС, как и в предыдущей группе, прорастала соединительная ткань, что не позволяло визуализировать четкие границы между костной и хрящевой тканью (рис. 5, а). По данным морфометрии в костных элементах ФС установлен достоверный рост сосудов и увеличение диаметра гаверсовых каналов (табл. 1).

При ДЭКТ-исследовании в группе пациентов Pfirrmann V получены следующие результаты: плотность хрящевой пластинки – 0 HU, что соответствовало вакуум-эффекту, наружной фасетки –  $962,2 \pm 12,6$  HU, внутренней фасетки –  $867,6 \pm 49$  HU.

Таким образом, проведенные морфологические исследования показали существенное увеличение объемного содержания хондроцитов при начальных проявлениях дегенерации при сохранении функциональности сустава. Установлено, что с увеличением степени дегенерации диска объемное содержание хондроцитов существенно снижалось, происходила перестройка микроархитектоники, в том числе, за счет прорастания соединительной ткани в структурные элементы ФС.

Таблица 1

Цифровые показатели морфологических и рентгенологических критериев при различных степенях дегенерации межпозвоночных дисков по Pfirrmann

| Критерий                                               | II группа          | III группа         | IV группа        | V группа          | Информативность, J | Se, % | Sp, % |
|--------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------|-------|
| Плотность хрящевой пластинки, HU (ДЭКТ)                | $154,8 \pm 14,2$   | $237 \pm 43,5$     | $208,1 \pm 22,1$ | *                 | 0,54               | 92,2  | 91,0  |
| Плотность наружной фасетки, HU (ДЭКТ)                  | $713,65 \pm 83,65$ | $828,55 \pm 110,9$ | $903,1 \pm 96,9$ | $962,2 \pm 126,8$ | 0,6                | 94,1  | 92,6  |
| Плотность внутренней фасетки, HU (ДЭКТ)                | $582,1 \pm 65,1$   | $716,4 \pm 140,8$  | $808,7 \pm 91,3$ | $867,6 \pm 49,4$  | 0,46               | 32,5  | 98,72 |
| Хрящевая пластинка, мг Са в см куб.                    | $76,8 \pm 12,2$    | $111,8 \pm 33,2$   | $117 \pm 38,1$   | *                 | 0,54               | 92,2  | 91,0  |
| Наружная фасетка, мг Са в см куб.                      | $239,2 \pm 52,2$   | $278,8 \pm 37,4$   | $313,3 \pm 35,7$ | *                 | 0,47               | 89,1  | 85,4  |
| Внутренняя фасетка, мг Са в см куб.                    | $223,4 \pm 13,4$   | $279,1 \pm 6,9$    | $293,2 \pm 23,2$ | $395,2 \pm 4,8$   | 0,51               | 91,7  | 90,4  |
| Объемное содержание хондроцитов в поверхностной зоне   | $19,85 \pm 0,14$   | $4,25 \pm 0,39$    | $4,1 \pm 0,33$   | $3,85 \pm 0,2$    | 0,38               | 85,6  | 85,28 |
| Объемное содержание хондроцитов в промежуточной зоне   | $5,0 \pm 0,55$     | $3,98 \pm 0,40$    | $7,51 \pm 0,24$  | $6,2 \pm 0,34$    | 0,36               | 40,3  | 97,5  |
| Объемное содержание хондроцитов в глубокой зоне        | $4,58 \pm 0,49$    | $4,58 \pm 0,51$    | $4,02 \pm 0,19$  | $4,35 \pm 0,40$   | 0,46               | 32,5  | 98,72 |
| Среднее число гаверсовых каналов в единице поля зрения | $6 \pm 0,30$       | $4,5 \pm 0,60$     | $5 \pm 0,60$     | $4,8 \pm 0,3$     | 0,26               | 31,2  | 98,21 |
| Среднее число сосудов в поле зрения                    | $18 \pm 0,90$      | $16 \pm 2,01$      | $24 \pm 2,01$    | $28 \pm 1,7$      | 0,42               | 37,7  | 98,08 |
| Средний диаметр гаверсовых каналов                     | $2,01 \pm 0,01$    | $3,60 \pm 0,50$    | $4,30 \pm 0,50$  | $4,8 \pm 0,50$    | 0,36               | 40,3  | 97,5  |

Примечание: \* – за счет (вакуум-эффекта) невозможно получить достоверные данные.

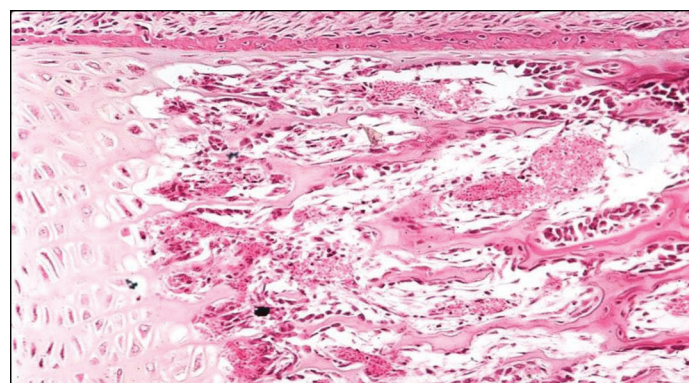


Рис. 4. Морфологическая и рентгенологическая картина фасеточных суставов в зоне поражения – группа Pfirrmann IV: а – активное вращение костных трабекул, прорастание соединительной ткани в хрящевые и костные структуры фасеточного сустава. Окраска гематоксилином и эозином.  $\times 180$ ; б – аксиальная проекция ПДС в зоне поражения (МСКТ в двухэнергетическом режиме)

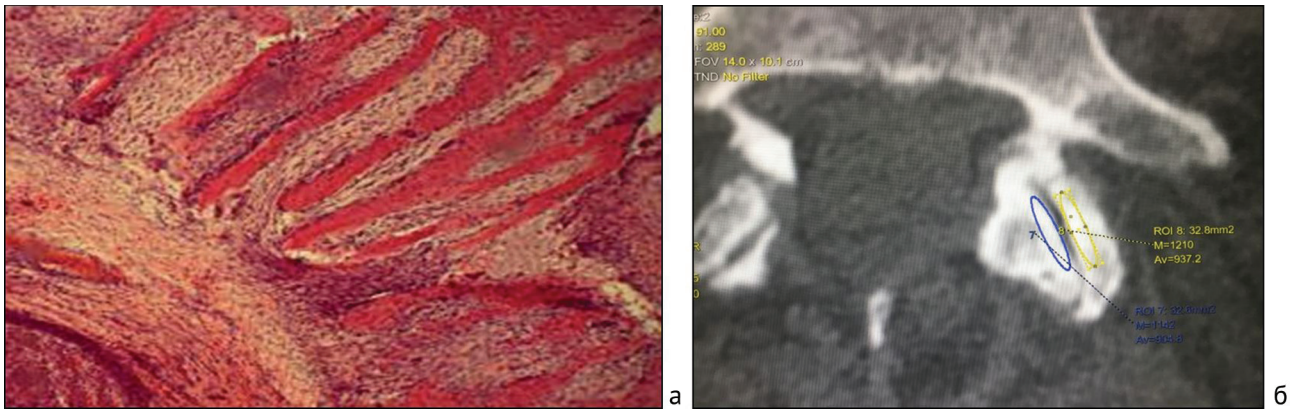


Рис. 5. Морфологическая и рентгенологическая картина фасеточных суставов в зоне поражения – группа Pfirrmann V: а – неполноценные хрящевые зоны и глубокие патологические костные разрастания. Окраска гематоксилином и эозином.  $\times 180$ ; б – аксиальная проекция ПДС в зоне поражения (МСКТ в двухэнергетическом режиме)

Это приводило к изменению толщины суставного хряща, склерозированию и нарушению взаимоотношений между хрящевыми и костными структурами фасеточного сустава, направленными в сторону анкилозирования и, соответственно, к нарушению функции сустава, что коррелировало с результатами ДЭКТ. Показатели плотности хрящевой пластинки по данным КТ в группе Pfirrmann II

составили  $154,8 \pm 14,2$  HU, а в группе Pfirrmann V увеличивались до  $208,1 \pm 22,1$  HU. Такая же закономерность отмечалась при исследовании уровня Ca в  $\text{см}^3$  в хрящевой пластинке. В зависимости от степени дегенерации диска по Pfirrmann уровень Ca возрастал с  $76,8 \pm 12,2$  до  $117 \pm 38,1$  в  $\text{см}^3$ , что подтверждает результаты морфологических исследований (табл. 1).

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то, что различные варианты динамической фиксации ПДС активно используются в спинальной хирургии на протяжении многих лет, операции с применением ригидных систем фиксации (TLIF или PLIF) по-прежнему остаются «золотым стандартом» хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника [12].

Для определения тактики хирургического лечения существующие методы нейровизуализации дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника, по литературным данным [3], основаны на методе диффузно-взвешенной МРТ-диагностики, позволяющем на основе патоморфологического анализа отчетливо определить степень дегенерации межпозвоночного диска. Параллельно, на основе МРТ-диагностики существует классификация степени дегенерации фасеточных суставов A. Fujiwara et al., которая коррелирует со стадиями дегенерации суставов по классификации OARSI [13, 14]. На наш взгляд, данный подход к интерпретации патологии не полностью отображает весь характер патоморфологических изменений и архитектоники в структуре ФС.

В настоящее время остается дискуссионной проблема клинической эффективности и безопасности применения ригидных и динамических систем фиксации пораженного ПДС при дегенеративных заболеваниях позвоночника [15, 16]. Известные рандомизированные клинические исследования прооперированных пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника опираются на краткосрочные периоды послеоперационного наблюдения [17]. Проводимый поиск патогенетических концепций возникновения синдрома смежного диска в отдаленном послеоперационном периоде осно-

ван только на инструментальных стандартных методах нейровизуализации [3, 13, 14], что не позволяет получить объективную картину течения патологического процесса.

Детальное изучение патоморфологического субстрата в сочетании с данными инструментальных методов нейровизуализации пораженного дегенеративным процессом ПДС и смежных дисков является базовой основой как для выбора эффективной хирургической методики, так и оценки результатов лечения таких пациентов в отдаленном периоде.

На основании комплексного морфологического и инструментального исследования установлено, что при Pfirrmann II было визуализировано увеличение объемного содержания хондроцитов, плотности хрящевой пластинки в единицах HU и уровня Ca в ФС, что свидетельствует о сохранении функциональности сустава и позволяет использовать в качестве хирургического пособия динамическую фиксацию.

При тяжелой степени дегенерации диска при Pfirrmann V в ФС происходили глубокие патологические изменения с нарушением архитектоники всех элементов сустава: образование неполноценных хрящевых зон, формирование костных элементов и прорастаний соединительной ткани в хрящевые и костные структуры сустава, что коррелировало с результатами ДЭКТ. В этих случаях методом выбора является ригидная фиксация пораженного ПДС. Полученные критерии ДЭКТ по состоянию ФС могут быть использованы в комплексе исследований пациентов для оценки степени дегенерации ПДС в зоне поражения и смежных сегментах, что дает возможность проводить предоперационное планирование и прогнозирование результатов лечения.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствуют о выявленной тесной взаимосвязи между морфологическими и рентгенологическими изменениями ФС. Корреляция данных позволяет получить объектив-

ные критерии оценки степени патологических процессов ФС и использовать их как диагностическую составляющую при планировании декомпрессивно-стабилизирующих пособий у пациентов с деге-

неративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника и обоснованно подходить к выбору ригидных, динамических или комбинированных систем фиксации ПДС.

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

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сравнение эффективности применения стержней из титановых стержней при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового отдела / С.В. Колесов, А.И. Казьмин, В.В. Швеи, А.О. Гуша, Е.Н. Полторако, И.В. Басанкин, А.Е. Кривошеин, К.М. Бухтин, А.А. Пантелеев, М.Л. Сажнев, В.С. Переверзев // Травматология и ортопедия России. 2019. Т. 25, № 2. С. 59-70. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-59-70
2. Дегенеративные заболевания дугоотростчатых суставов поясничного отдела позвоночника: диагностика и хирургическое лечение / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, И.А. Степанов, А.К. Оконешикова. Новосибирск : Наука, 2018. 208 с.
3. Диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография в диагностике дегенерации межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, И.А. Степанов, А.А. Калинин, Е.Г. Бельх // Вестник рентгенологии и радиологии. 2016. Т. 97, № 6. С. 357-364.
4. Дифференцированная хирургическая тактика при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника с использованием пунктирных методик / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.К. Оконешикова, А.А. Иринец // Сибирское медицинское обозрение. 2018. № 5. С. 54-65.
5. The fate of facet joint and adjacent level disc degeneration following total lumbar disc replacement: a prospective clinical, X-ray, and magnetic resonance imaging investigation / C.J. Siepe, P. Zelenkov, J.C. Sauri-Barraza, U. Szeimies, T. Grubinger, A. Tepass, A. Stäbler, M.H. Mayer // Spine. 2010. Vol. 35, No 22. P. 1991-2003. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181d6f878
6. Симонович А.Е. Применение инструментария DYNESYS для динамической фиксации поясничного отдела позвоночника при его дегенеративных поражениях // Хирургия позвоночника. 2004. № 1. С. 60-66.
7. Способ профилактики переломов смежных позвонков при транспедикулярной фиксации на фоне остеопороза / И.В. Басанкин, К.К. Тахмязян, А.А. Афаунов, Д.А. Пташников, О.Н. Понкина, Н.С. Гаврюшенко, С.Б. Малахов, В.К. Шаповалов // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13, № 3. С. 8-14.
8. Взаимосвязь тропизма и ангуляции дугоотростчатых суставов и результатов стабилизирующих операций при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, А.К. Оконешикова, А.А. Калинин, С.С. Рабинович // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15, № 4. С. 70-79.
9. Современные возможности задней динамической стабилизации позвоночника в профилактике синдрома смежного уровня: обзор литературы / С.К. Макиров, А.А. Юз, М.Т. Джаф, С.С. Гусев // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12, № 1. С. 46-62.
10. Dual-energy multidetector CT: How does it work, what can it tell us, and when can we use it in abdominopelvic imaging? / C.A. Coursey, R.C. Nelson, D.T. Boll, E.K. Paulson, L.M. Ho, A.M. Neville, D. Marin, R.T. Gupta, S.T. Schindera // Radiographics. 2010. Vol. 30, No 4. P. 1037-1055. DOI: 10.1148/rg.304095175
11. Renal stone assessment with dual-energy multidetector CT and advanced postprocessing techniques: improved characterization of renal stone composition – pilot study / D.T. Boll, N.A. Patil, E.K. Paulson, E.M. Merkle, W.N. Simmons, S.A. Pierre, G.M. Preminger // Radiology. 2009. Vol. 250, No 3. P. 813-820. DOI: 10.1148/radiol.2503080545
12. Алексанян М.М., Аганесов А.Г. Хирургическое лечение дегенеративных стенозов поясничного отдела позвоночника с применением динамических имплантов // Инновационная медицина Кубани. 2017. № 3. С. 34-37.
13. Мовшович И.А., Шотемор Ш.Ш. К вопросу о нестабильности позвоночника (классификация, диагностика) // Ортопедия, травматология и протезирование. 1979. № 5. С. 24-29.
14. Осложнения хирургического лечения поясничного спинального стеноза / А.И. Продан, О.А. Перепечай, В.А. Колесниченко, С.И. Балан, А.Г. Чернышев // Хирургия позвоночника. 2009. № 1. С. 31-37.
15. Фасеточная фиксация в комбинации с межтеловым спондилодезом: сравнительный анализ и клинический опыт нового способа хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.К. Оконешикова, Т.Т. Керимбаев, Е.Г. Бельх // Вестник Российской академии медицинских наук. 2016. Т. 71, № 5. С. 375-384.
16. Ревизионные операции в хирургическом лечении повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника / А.А. Афаунов, И.В. Басанкин, А.В. Мишагин, А.В. Кузьменко, К.К. Тахмязян // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12, № 4. С. 8-16.
17. Сравнение отдаленных результатов применения тотальной артропластики и переднего спондилодеза в лечении дегенеративного заболевания шейных межпозвонковых дисков: метаанализ / В.А. Бывальцев, И.А. Степанов, М.А. Алиев, Б.М. Аглаков, Б.Р. Юсупов, Н.А. Коновалов // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2019. Т. 83, № 6. С. 100-110.

Рукопись поступила 13.03.2020

#### Сведения об авторах:

1. Кривошеин Артем Евгеньевич, к. м. н., ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России, г. Омск, Россия, БУЗОО КМХЦ Минздрава Омской области, г. Омск, Россия, Email: artem.vertebra@rambler.ru
2. Конев Владимир Павлович, д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России, г. Омск, Россия, Email: vpkonev@mail.ru
3. Колесов Сергей Васильевич, д. м. н., профессор, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия, Email: dr-kolesov@yandex.ru
4. Московский Сергей Николаевич, к. м. н., ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России, г. Омск, Россия, Email: Moscow-5@mail.ru
5. Игнатьев Юрий Тимофеевич, д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России, г. Омск, Россия, Email: ogma.ry@rambler.ru
6. Никитенко Сергей Александрович, ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России, г. Омск, Россия, Email: 79139684444@yandex.ru
7. Ерофеев Сергей Александрович, д. м. н., профессор, ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России, г. Омск, Россия, БУЗОО КМХЦ Минздрава Омской области, г. Омск, Россия, Email: esa\_rncvto@mail.ru

#### Information about the authors:

1. Artem E. Krivoshein, M.D., Ph.D., Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation, Clinical medical and surgical center of the Ministry of health of Omsk region, Omsk, Russian Federation, Email: artem.vertebra@rambler.ru
2. Vladimir P. Konev, M.D., Ph.D., Professor, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation, Email: vpkonev@mail.ru
3. Sergey V. Kolesov, M.D., Ph.D., Professor, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation, Email: dr-kolesov@yandex.ru
4. Sergey N. Moskovsky, M.D., Ph.D., Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation, Email: Moscow-5@mail.ru
5. Yuriy T. Ignatiev, M.D., Ph.D., Professor, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation, Email: ogma.ry@rambler.ru
6. Sergey A. Nikitenko, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation, Email: 79139684444@yandex.ru
7. Sergey A. Erofeev, M.D., Ph.D., Professor, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation, Clinical medical and surgical center of the Ministry of health of Omsk region, Omsk, Russian Federation, Email: esa\_rncvto@mail.ru