

Характер и динамика изменений в фасеточных суставах при различной степени дегенерации межпозвоночных дисков

Конев В.П.¹, Кривошеин А.Е.^{1, 2}, Колесов С.В.³, Московский С.Н.¹

¹ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России

²БУЗОО «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области» (Омск)

³ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России (Москва)

The nature and dynamics of the facet joints changes in varying grades of intervertebral disc degeneration

Konev V.P.¹, Krivoshein A.E.^{1, 2}, Kolesov S.V.³, Moscovsky S.N.¹

¹Omsk State Medical University

²Clinical Medical and Surgical Center (Omsk)

³Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics

АННОТАЦИЯ

Исследовались биопсийные материалы 145 пациентов, которым после комплексного клинко-инструментального исследования, с учетом степени дегенерации межпозвоночных дисков по Pfirrmann, проведены декомпрессионно-стабилизирующие вмешательства на поясничном отделе позвоночника, с полной или частичной фасэктомией на уровне поражения. Все исследуемые биопсийные материалы были разделены на 4 группы в зависимости от степени дегенерации межпозвоночного диска по Pfirrmann у пациента: группа 1 — II степень (ст.) дегенерации ($n = 31$); группа 2 — III ст. ($n = 36$); группа 3 — IV ст. ($n = 46$); группа 4 — V ст. ($n = 32$).

Установлено увеличение объемного содержания хондроцитов в промежуточной зоне. Возрастание клеточной плотности связано с увеличением доли 3- и 4-клеточных лакун и появлением 4–6-клеточных скоплений на поздних стадиях дегенерации диска. При этом объемное содержание хондроцитов в поверхностной зоне значительно снижалось.

Выявленные характер и динамика изменений в фасеточных суставах могут использоваться при интерпретации результатов нейровизуализации для более обоснованного выбора методик фиксации позвоночно-двигательного сегмента при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника.

Ключевые слова: дегенерация, фасеточный сустав, межпозвоночный диск, Pfirrmann.

ABSTRACT

Biopsy materials from 145 patients were studied. All patients after a comprehensive clinical and instrumental examination, taking into account the grade of intervertebral disk degeneration according to Pfirrmann, underwent decompression and stabilization interventions on the lumbar spine, with a complete or partial facetectomy at the level of the lesion. All examined biopsy materials were divided into 4 groups depending on the grade of intervertebral disk degeneration according to Pfirrmann: group 1 — grade II ($n = 31$); group 2 — grade III ($n = 36$); group 3 — grade IV ($n = 46$); group 4 — grade V ($n = 32$).

An increase in volume fraction of chondrocytes in intermediate zone was established. The cellular density growth was associated with an increase in the proportion of 3- and 4-cell lacunae and the emergence of 4–6 cell clusters at the advanced stages of disk degeneration. At the same time, the chondrocyte volume fraction in the superficial zone decreased significantly.

The revealed nature and dynamics of changes in the facet joints can be used in the interpretation of neuroimaging results for more reasonable choice of fixation techniques of a spinal motion segment in degenerative diseases of lumbar spine.

Keywords: degeneration, facet joint, intervertebral disk, Pfirrmann.

Поступила 02.09.2020
Принята 28.09.2020

Автор, ответственный за переписку
Конев Владимир Павлович: ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России. 644099, г. Омск, ул. Ленина, 12.
E-mail: vpkonev@mail.ru

Received 02.09.2020
Accepted 28.09.2020

Corresponding author
Konev Vladimir Pavlovich: Omsk State Medical University, 12, Lenina str., Omsk, 644099, Russia.
E-mail: vpkonev@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Успешные результаты оперативного лечения дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника варьируются в значительном диапазоне от 57 до 96 % [1–4]. Наибольшее распространение получили декомпрессивно-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, псевдоартрозом, стимулируют исследователей к поиску основных причин, определяющих развитие осложнений [5, 6]. Формирование синдрома смежного диска связано с увеличением нагрузки на фасеточные суставы 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, «тропизму дугоотростчатых суставов», показателю фасеточного угла, а также степени дегенерации диска по Pfirrmann [7–9].

Описанные в литературе результаты клинико-инструментальных исследований показывают высокую эффективность и важность комплексных методов предоперационной оценки пораженных позвоночно-двигательных сегментов с учетом данных параметров. Однако остаются не решенными вопросы, как фасеточный артроз влияет на нестабильность при дегенеративных процессах в поясничном отделе позвоночника и есть ли зависимость подвижности фасеточных суставов от половой принадлежности [10–12]. Отсутствие научных публикаций, посвященных морфологическому анализу изменений фасеточных суставов при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника в зависимости от степени дегенерации межпозвонкового диска, послужило причиной для написания этой работы.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить характер и динамику изменений в тканях фасеточных суставов при различных степенях дегенерации межпозвонковых дисков по Pfirrmann.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С января 2017 по декабрь 2018 г. в отделении травматологии № 2 (вертебрологии) БУЗОО «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области» г. Омска выполнено 160 операций по поводу

INTRODUCTION

Successful results of surgical treatment of degenerative stenosis of the lumbar spine vary in the considerable range from 57 to 96% [1–4]. Decompression and stabilization interventions with the use of rigid systems of a spinal motion segment fixation are the most widespread. The unsatisfactory results of such surgical interventions, primarily associated with the development of the adjacent segment syndrome, postoperative instability, pseudoarthrosis, stimulate researchers to find the basic causes responsible for the development of complications [5, 6]. Development of adjacent disk disease is connected with an increase in load on the facet joints and intervertebral disks of the adjacent level. Special attention given to a condition of facet joints when using various options of dynamic stabilization of the spine, namely the degree of joint degeneration according to Fujiwara, facet joint tropism, indicator of a facet angle and also disk degeneration grade according to Pfirrmann grading system [7–9].

The results of clinical researches show the high effectiveness and importance of the comprehensive techniques of preoperative assessment of the affected spinal motion segments taking into account these parameters. However, questions as how facet arthrosis influences the instability in degenerative processes in the lumbar spine, and whether there is a dependence of the facet joints mobility on gender, still remain unresolved [10–12]. The lack of scientific publications devoted to the morphological analysis of changes of the facet joints in degenerative diseases of the lumbar spine depending on the grade of intervertebral disk degeneration was the reason for writing this work.

AIM OF THE RESEARCH

To study the nature and dynamics of changes in the facet joint tissues with various intervertebral disks degeneration grades according to Pfirrmann.

MATERIALS AND METHODS

From January, 2017 to December, 2018 there were performed 160 surgeries for degenerative diseases of the lumbar spine in the Department of Traumatology No. 2 (vertebrology) of the Clinical Medical and Surgical Center (Omsk). The research included biopsy materials of 145 patients, who, after the comprehensive clinical examination, taking into account the Pfirrmann intervertebral disk degeneration grade, underwent treatment for decompression and stabilization of the lumbar spine with complete or

дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. В исследование включены биопсийные материалы 145 пациентов, которым после комплексного клинко-инструментального исследования, с учетом степени дегенерации межпозвоночного диска по Pfirrmann, проведены декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства на поясничном отделе позвоночника с полной или частичной фасэктомией на уровне поражения. Все исследуемые биопсийные материалы были разделены на 4 группы в зависимости от степени дегенерации межпозвоночного диска по Pfirrmann у пациента: группа 1 — II степень (ст.) дегенерации ($n = 31$); группа 2 — III ст. ($n = 36$); группа 3 — IV ст. ($n = 46$); группа 4 — V ст. ($n = 32$).

Критерии включения в исследование: неэффективная консервативная терапия, длительный рецидивирующий болевой синдром, стойкий неврологический дефицит; отсутствие признаков сегментарной нестабильности; одно- и двухуровневая дегенерация дисков II–V ст. по Pfirrmann по данным нейровизуализации.

Критерии исключения: спондилолистез со спондилолизом, необходимость в значимой коррекции сагиттального баланса, значимый остеопороз.

Исследование одобрено этическим комитетом Омского государственного медицинского университета.

Морфологическое исследование операционного материала: фиксация полученного материала в процессе оперативного доступа производилась путем погружения в 10% нейтральный формалин. В дальнейшем материал подвергался декальцинации в 0.1 н растворе соляной кислоты на NaCl. После декальцинации осуществлялась стационарная проводка материала в спиртах восходящей плотности и заливка в парафин. Парафиновые срезы окрашивались гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван Гизону. Для некоторых срезов применяли альциановый синий и ШИК-реакцию. Препараты изучались в световом микроскопе, в необходимых случаях осуществлялось цифровое микрофотографирование. Проводилась стандартная морфометрия.

Статистическая обработка полученных данных проводилась методами вариационной статистики с использованием стандартных пакетов Microsoft (MS) Excel 2008, Statistica 12.0, Biostat. При создании базы данных использовались электронные таблицы MS Excel, платформы 1C. В случае отличного от нормального типа распределения использовались непараметрические критерии. Статистическое измерение связи (силы и направления) между признаками проводилось с

partial facetectomy at the lesion level. All studied biopsy materials were divided into 4 groups depending on the grade of intervertebral disk degeneration according to Pfirrmann: group 1 — II grade of degeneration ($n = 31$); group 2 — III grade ($n = 36$); group 3 — IV grade ($n = 46$); group 4 — V grade ($n = 32$).

Criteria of inclusion into the study: failure of nonsurgical therapy, longstanding recurrent pain syndrome, persistent neurologic deficit; no signs of segmental instability; one- and two-level disk degeneration of Pfirrmann II–V grades based on neuroimaging data.

Criteria of exclusion: spondylolisthesis with spondylolysis, the need for the significant correction of sagittal balance, marked osteoporosis.

The research was approved by the Ethics Committee of the Omsk State Medical University.

Morphological examination of the surgical material: fixation of the biopsy material obtained during the surgical approach was performed by 10% neutral formalin dipping. Subsequently the material was decalcified in 0.1 N of hydrochloric acid solution in a concentrated saline. After decalcification the material underwent stationary dehydration in alcohols of the ascending density, and then was embedded in paraffin. Paraffin sections were stained with hematoxylin and eosin, with picro-fuchsin according to Van Gieson. For some sections the alcian blue staining and periodic acid-Schiff reaction were applied. The mounted sections were studied with a light microscope, and digital microphotography was carried out if necessary. The standard morphometry was performed.

Statistical processing of the obtained data was carried out by methods of variation statistics, using standard Microsoft (MS) Excel 2008, Statistica 12.0, Biostat packages. When creating the database, MS Excel spreadsheets 1C Platforms were used. In case of distribution other than normal type, non-parametric tests were used. Statistical measurement of relation (forces and the direction) between signs was carried out by calculation of Spearman's rank correlation test (r_s) with the subsequent assessment of the diagnostic significance (criteria of informativity: sensitivity (Se) and specificity (Sp)). Data in Table 1 are given as arithmetic averages. Calculation of the sample size was carried out with Lehr's formula for the power of 80% and significance value 0.05.

RESULTS AND DISCUSSION

Initial and singular signs of pathological bone regeneration from the subchondral layers of the facet

помощью вычисления коэффициента корреляции рангов Спирмена (r_s) с последующей оценкой диагностической значимости (критерии информативности: чувствительность (Se) и специфичность (Sp)). Данные в табл. 1 приведены как средние арифметические. Расчет объема выборки проводился по формуле Лера для мощности 80 % и двухстороннего уровня значимости 0.05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При морфологическом анализе биопсийного материала группы 1 отмечены начальные и единичные признаки патологической костной регенерации из субхондральных слоев кости фасеточных суставов в зону хрящевой пластинки (рис. 1), при этом зональная структура хряща была сохранной, исключение составила бесклеточная пластинка, разрушенная частично на поверхности хряща. В 2 случаях бесклеточная пластинка была разрушена, края хряща представлены фибриллярными участками. Лакуны вытянутой эллиптической формы содержали 1–3 хондроцита с крупными гиперхромными ядрами. Морфологический анализ выявил статистически достоверное увеличение объемного содержания хондроцитов в поверхностной зоне. Возрастание плотности происходило за счет существенного увеличения 3- и 4-клеточных лакун при одновременном снижении числа 1-клеточных лакун. Отмечена активная костная регенерация хондроцитов в глубоких слоях хрящевой пластинки (см. рис. 1).

В группе 2 биопсийного материала выявлены морфологические признаки истончения хряща, в костных структурах фасеточных суставов — элементы рассасывания. Отмечены неровные

joint bone to the zone of the growth plate (Fig. 1) were registered on morphological analysis of biopsy material in group 1. Meanwhile, the zonal structure of the cartilage was intact, with the exception of the lamina splendens partially destroyed on the cartilage surface. In 2 cases the lamina splendens was destroyed, and the cartilage edges were represented by fibrillar areas. Elongated elliptic lacunae contained 1–3 chondrocytes with large hyperchromic nuclei. The morphological analysis revealed statistically significant increase in volume fraction of chondrocytes in the superficial zone. Increase of density occurred due to significant increase in 3- and 4-cell lacunae, with a simultaneous decrease in number of lacunae with one cell. Active bone regeneration of chondrocytes in the deep layers of the growth plate was noted (see Fig. 1).

In group 2 the biopsy samples showed the signs of cartilage thinning and elements of resorption in the bone structures of the facet joints. Uneven cartilage and bone borders, increase in the number of bone over-growths (pathological bone regeneration signs) were noted (Fig. 2).

When analyzing the biopsy material of group 3, the active pathological bone regeneration was found: over-growths that replaced the growth plate along its entire length; complete destruction of the lamina splendens and the foci of matrix surface cleavage. Most lacunae contained 1–2 chondrocytes. Morphological analysis revealed a statistically significant decrease in the volume fraction of cells.

In some cases, usuras and foci of fiber dissociation involved the entire interfacial zone, which remained intact on small areas. Most chondrocytes of the intact zone areas had pyknotic nuclei.

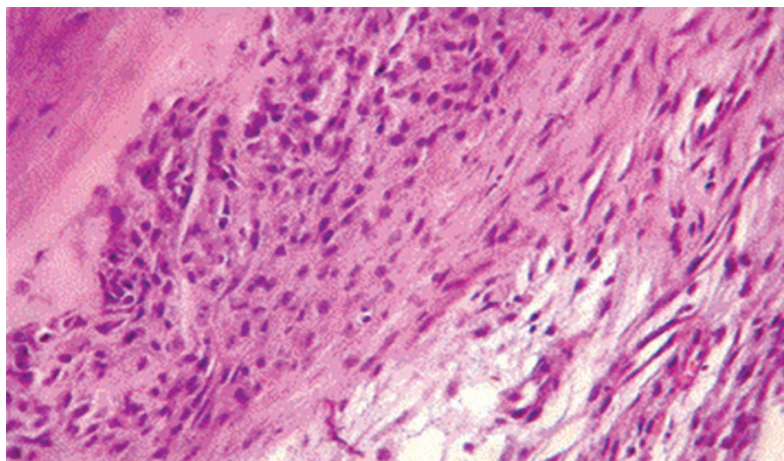


Рис. 1. Активная регенерация хондроцитов в глубоких слоях, костная регенерация. Группа 1. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение (ув.) $\times 180$

Fig. 1. Active regeneration of chondrocytes in the deep layers, bone regeneration. Group 1. Hematoxylin and eosin staining. Magnification (magn.) $180\times$

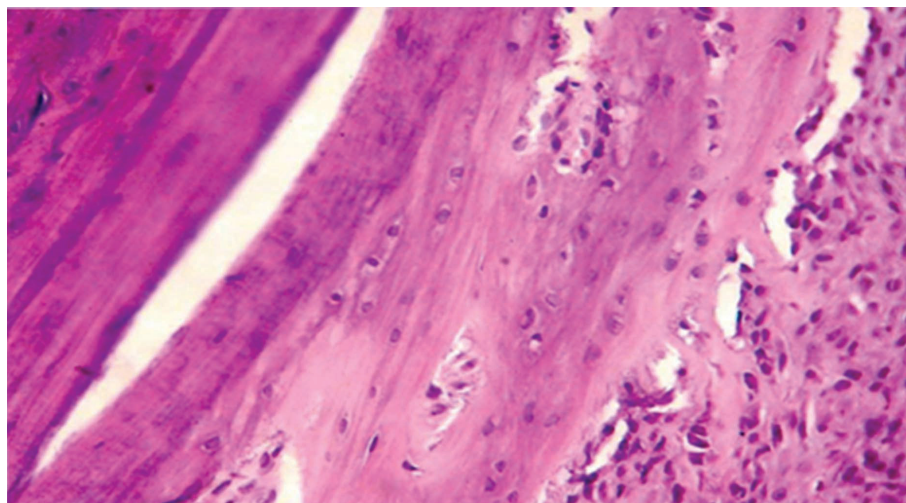


Рис. 2. Неровные границы хрящевых и костных элементов фасеточного сустава, элементы рассасывания в костных структурах. Группа 2. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 180$
Fig. 2. Uneven borders of cartilage and bone elements of the facet joint, elements of resorption in bone structures. Group 2. Hematoxylin and eosin staining, magn. 180 $\times$

границы хряща и кости, увеличение количества костных выростов (патологической костной регенерации) (рис. 2).

При анализе биопсийного материала группы 3 отмечали активную патологическую костную регенерацию — разрастания, которые замещали хрящевую пластинку на всем протяжении; полное разрушение бесклеточной пластинки и очаги поверхностного расщепления матрикса. Большинство лакун содержало 1–2 хондроцита. Морфологический анализ выявил статистически достоверное уменьшение объемной плотности клеток.

В некоторых случаях узур и очаги разволокнения захватывали всю поверхностную зону, которая сохранялась на небольших участках. Большинство хондроцитов сохранившейся поверхностной зоны имело пикнотичные ядра.

В большинстве лакун округлой формы находилось по 1–2 хондроцита. При морфологическом исследовании установлено существенное увеличение объемного содержания хондроцитов в промежуточной зоне, как за счет увеличения числа 2- и 3-клеточных лакун, так и вследствие появления клонов. Кроме этого, наблюдали признаки прорастания соединительной ткани в хрящевые и костные структуры фасеточного сустава, что свидетельствует о стойком нарушении питания хряща (рис. 3).

Морфологический анализ в группе 4 биопсийного материала выявил стертость зональности хрящевой ткани. В остальных участках промежуточной зоны определялись лакуны, содержащие 1–3 хондроцита, и скопления из 4–6 клеток. Половина клеток имела пикнотичные ядра.

There were 1–2 chondrocytes in most round-shaped lacunae. On morphological examination, a significant increase in the volume fraction of chondrocytes in the intermediate zone was noted, both due to an increase in the number of lacunae with 2 and 3 cells, and due to the appearance of clones. In addition, signs of connective tissue invasion into the cartilage and bone structures of the facet joint were observed, indicating persistent cartilage trophopathy (Fig. 3).

Morphological analysis in group 4 of biopsy material revealed effacement of zone organization of cartilage tissue. In the remaining areas of the intermediate zone, lacunae containing 1–3 chondrocytes and nests of 4–6 cells were identified. Half of the cells had pyknotic nuclei. The volume fraction of chondrocytes in the remains of the intermediate zone has significantly decreased. The increase in cellular density is associated with an increase in the proportion of lacunae with 3–4 cells and the appearance of 4–6 cell clusters. At the same time, already deep pathological over-growths have been noted with the formation of full-fledged bone elements with areas of fragmentary cartilaginous formations between them, as well as signs of connective tissue invasion into cartilage and bone structures (Fig. 4).

In the course of morphometry, a clear tendency to an increase in number of chondrocytes in the intermediate zone was noted. Also, with an increase in the disc degeneration degree, the grade of facet joints degeneration grew worse, which was reflected in an increase in the average number of vessels and the diameter of Haversian canals (Table 1).

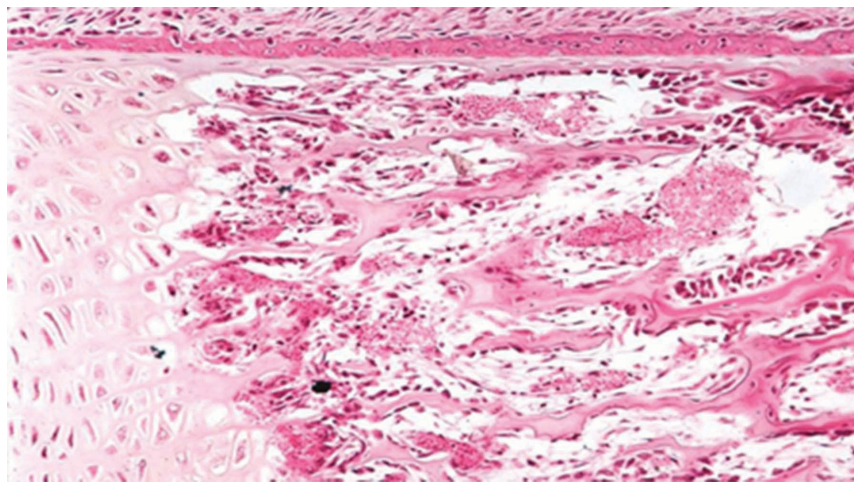


Рис. 3. Активная патологическая регенерация, прорастание соединительной ткани в хрящевые и костные структуры фасеточного сустава. Группа 3. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 180$
Fig. 3. Active pathological regeneration, connective tissue invasion into cartilaginous and bone structures of the facet joint. Group 3. Hematoxylin and eosin staining, magn. $180\times$

Объемное содержание хондроцитов в остатках промежуточной зоны существенно снижалось. Увеличение клеточной плотности связано с увеличением доли 3- и 4-клеточных лакун и появлением 4–6-клеточных скоплений. При этом отмечены уже глубокие патологические разрастания с формированием полноценных костных элементов, между которыми имелись участки фрагментарных хрящевых образований, а также признаки прорастания соединительной ткани в хрящевые и костные структуры (рис. 4).

The results of the bone tissue study showed the development of successive dystrophic, destructive and atrophic changes, the extension of Haversian canals with the formation of granulation tissue and the appearance of inflammatory infiltration, in the form of chondromatous degeneration and uneven calcification. The growth of fibrous connective tissue in the form of fibrous bone dysplasia was observed in the Haversian canals. Morphological examination showed an increase of the volume fraction of chondrocytes in the intermediate zone. The increase in

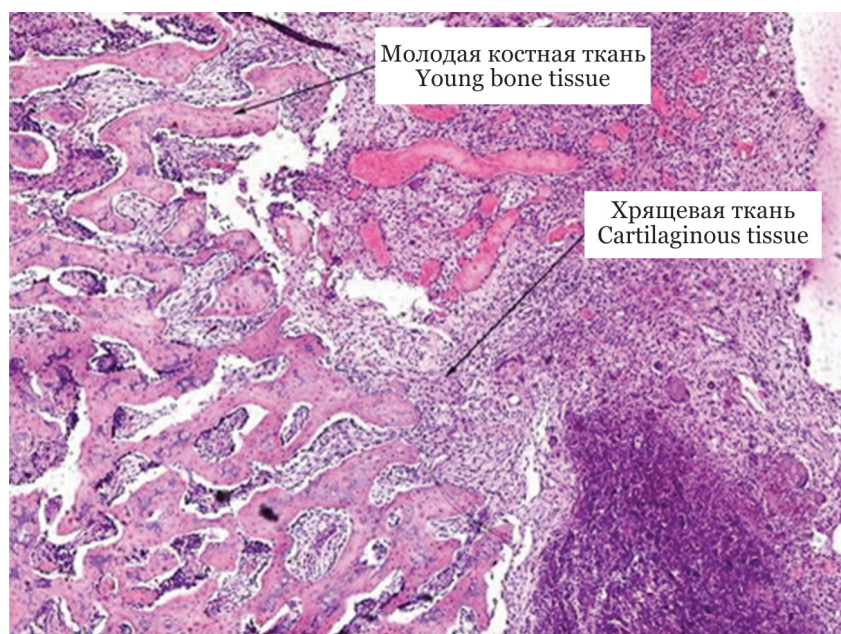


Рис. 4. Глубокие патологические разрастания с формированием полноценных костных элементов, единичные неполноценные хрящевые образования. Группа 4.
 Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 180$

Fig. 4. Deep pathological over-growths with the formation of full-fledged bone elements; singular imperfect cartilage formations. Group 4. Hematoxylin and eosin staining, magn. $180\times$

В ходе морфометрии отмечена четкая тенденция роста количества хондроцитов в промежуточной зоне. Также с увеличением степени дегенерации диска возрастала степень дегенерации и фасеточных суставов, что выражалось в увеличении среднего количества сосудов и диаметра гаверсовых каналов (табл. 1).

Результаты проведенного исследования костной ткани показали развитие последовательных дистрофических, деструктивных и атрофических изменений, расширение гаверсовых каналов с формированием в них грануляционной ткани и появлением воспалительной инфильтрации, в виде хондроматозного перерождения и неравномерного кальциноза. В гаверсовых каналах наблюдалось разрастание волокнистой соединительной ткани в

cell density was associated with a grow in the proportion of lacunae with 3 and 4 cells and the appearance of clusters containing 4–6 cells at the later stages of disc degeneration. At the same time, the volume fraction of chondrocytes in the superficial zone decreased significantly, which led to a change in the thickness of the articular cartilage and the interactions between the cartilage and bone structures of the facet joint and, ultimately, to ankylosis of the facet joints.

Thus, morphological and clinical signs have been determined to assess pathological changes in the facet joints with various intervertebral disk degeneration grades according to Pfirrmann, which can be relied on in determining the effectiveness of decompression and stabilization interventions using

Таблица 1. Результаты морфометрии биопсийного материала фасеточных суставов при различных степенях дегенерации межпозвоночных дисков по Pfirrmann

Table 1. Results of biopsy material morphometry of facet joints at various Pfirrmann grades of intervertebral disks degeneration

Критерий Criterion	Группа 1 Group 1	Группа 2 Group 2	Группа 3 Group 3	Группа 4 Group 4	Информативность J Informativity J	$Se, \%$	$Sp, \%$
Объемное содержание хондроцитов в поверхностной зоне Volume fraction of chondrocytes in the superficial zone	19.85 ± 0.14	4.25 ± 0.39	—	—	0.38	85.6	85.28
Объемное содержание хондроцитов в промежуточной зоне Volume fraction of chondrocytes in the intermediate zone	5.0 ± 0.55	3.98 ± 0.40	7.51 ± 0.24	6.2 ± 0.34	0.36	40.3	97.5
Объемное содержание хондроцитов в глубокой зоне Volume fraction of chondrocytes in the deep zone	4.58 ± 0.49	4.58 ± 0.51	4.02 ± 0.19	4.35 ± 0.40	0.46	32.5	98.72
Среднее число гаверсовых каналов в поле зрения Average number of Haversian canals per field of view	$6 \pm 0.30^*$	4.5 ± 0.60	5 ± 0.60	—	0.26	31.2	98.21
Среднее число сосудов в поле зрения Average number of vessels per field of view	$18 \pm 0.90^*$	16 ± 2.01	24 ± 2.01	—	0.42	37.7	98.08
Средний диаметр гаверсовых каналов Average diameter of Haversian canal	$2.01 \pm 0.01^*$	3.60 ± 0.50	4.30 ± 0.50	—	0.36	40.3	97.5

* Различия достоверны ($p \leq 0.05$).
Differences are significant ($p \leq 0.05$).

виде фиброзной дисплазии кости. При морфологическом исследовании установлено увеличение объемного содержания хондроцитов в промежуточной зоне. Возрастание клеточной плотности связано с увеличением доли 3- и 4-клеточных лакун и появлением 4–6-клеточных скоплений на поздних стадиях дегенерации диска. При этом объемное содержание хондроцитов в поверхностной зоне существенно снижалось, что приводило к изменению толщины суставного хряща и взаимоотношений между хрящевыми и костными структурами фасеточного сустава и, в конечном итоге, — к анкилозированию фасеточных суставов.

Таким образом, установлены морфологические и клинические признаки для оценки патологических изменений в фасеточных суставах при различных степенях дегенерации межпозвоночных дисков по Pfirrmann, на которые можно опираться при определении эффективности декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств с использованием различных систем фиксации позвоночно-двигательного сегмента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявленные в ходе проведенного исследования характер и динамика изменений в фасеточных суставах при различной степени дегенера-

various systems of fixation of the spinal motion segment.

CONCLUSION

The nature and dynamics of changes in the facet joints with different Pfirrmann grade of intervertebral disk degeneration, revealed during the study, can be used in neuroimaging to more accurately assess the grade of facet joints degeneration, which will make it possible to more reasonably approach the choice of techniques for fixation of the spinal motion segment in degenerative diseases of the spine.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

ции межпозвоночных дисков могут использоваться при нейровизуализации для более точного определения степени дегенерации фасеточных суставов, что позволит более обоснованно подходить к выбору методик фиксации позвоночно-двигательного сегмента при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Макиров С.К., Юз А.А., Джахаф М.Т., Гусев С.С. Современные возможности задней динамической стабилизации позвоночника в профилактике синдрома смежного уровня: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12, № 1. С. 46–62.
- Афаунов А.А., Басанкин И.В., Кузьменко А.В., Шаповалов В.К. Анализ причин ревизионных операций при хирургическом лечении больных с поясничными стенозами дегенеративной этиологии // Кубанский научн. вестн. 2013. № 7. С. 173–176.
- Shim C.S., Lee S.H., Shin H.D. et al. CHARITE versus ProDisc: a comparative study of a minimum 3-year follow-up // *Spine*. 2007. Vol. 32. P. 1012–1018. doi: 10.1097/01.brs.0000260795.57798.a0.
- Бывальцев В.А., Калинин А.А., Оконешникова А.К., Пестряков Ю.Я. Анатомо-физиологические особенности фасеточных суставов. Эволюция фасеточной фиксации при лечении пациентов с дегенеративными заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2017. № 3. С. 56–62.
- Chadha M., Sharma G., Arora S.S., Kochar V. Association of facet tropism with lumbar disc herniation // *Eur. Spine J.* 2013. Vol. 22. P. 1045–1052. doi: 10.1007/s00586-012-2612-5.
- Siepe C.J., Zelenkov P., Sauri-Barraza J.C. et al. The fate of facet joint and adjacent level disc degeneration following total lumbar disc replacement: a prospective clinical, X-ray, and magnetic resonance imaging in-

REFERENCES

- Makirov S.K., Yuz A.A., Jahaf M.T., Gusev S.S. (2015). Modern opportunities of posterior dynamic stabilization of the spine to prevent adjacent segment syndrome: review literature. *Spine Surgery*, 12, 1, 46–62.
- Afaunov A.A., Basankin I.V., Kuzmenko A.V., Shapovalov V.K. (2013). Analysis of reasons for revision surgery in patients treated for degenerative lumbar spinal stenosis. *Kuban Scientific Medical Bulletin*, 7, 173–176. In Russ.
- Shim C.S., Lee S.H., Shin H.D. et al. (2007). CHARITE versus ProDisc: a comparative study of a minimum 3-year follow-up. *Spine*, 32, 1012–1018. doi: 10.1097/01.brs.0000260795.57798.a0.
- Byval'tsev V.A., Kalinin A.A., Okoneshnikova A.K., Pestryakov Yu.Ya. (2017). Anatomic and physiological features of facet joints. Evolution of facet fixation for the treatment of patients with lumbar spine degenerative diseases. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*, 3, 56–62.
- Chadha M., Sharma G., Arora S.S., Kochar V. (2013). Association of facet tropism with lumbar disc herniation. *Eur. Spine J.*, 22, 1045–1052. doi: 10.1007/s00586-012-2612-5.
- Siepe C.J., Zelenkov P., Sauri-Barraza J.C. et al. (2010). 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. *Spine*, 35, 1991–2003. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d6f878.

- vestigation // *Spine*. 2010. Vol. 35. P. 1991–2003. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d6f878.
7. Park C.K., Ryu K.S., Jee W.H. Degenerative changes of discs and facet joints in lumbar total disc replacement using ProDisc II: minimum two-year follow-up // *Spine*. 2008. Vol. 33. P. 1755–1761. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817b8fed.
8. Fujiwara A., Lim K., An H.S. et al. The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000. Vol. 25 (23). P. 3036–3044.
9. Matsuura H., Inoue T., Konno H. et al. Quantification of susceptibility artifacts produced on high-field magnetic resonance images by various biomaterials used for neurosurgical implants. Technical note // *J. Neurosurg.* 2002. Vol. 97. P. 1472–1475. doi: 10.3171/jns.2002.97.6.1472.
10. Leary S.P., Regan J.J., Lanman T.H., Wagner W.H. Revision and explantation strategies involving the CHARITE lumbar artificial disc replacement // *Spine*. 2007. Vol. 32. P. 1001–1011. doi: 10.1097/01.brs.0000260794.73938.93.
11. Baur-Melnyk A., Birkenmaier C., Reiser M.F. Lumbar disc arthroplasty: indications, biomechanics, types, and radiological criteria // *Radiologe*. 2006. Vol. 46. P. 768–778. doi: 10.1007/s00117-006-1356-9.
12. Weishaupt D., Zanetti M., Boos N., Hodler J. MR imaging and CT in osteoarthritis of the lumbar facet joints // *Skeletal Radiol.* 1999. Vol. 28. P. 215–219. doi: 10.1007/s002560050503.
7. Park C.K., Ryu K.S., Jee W.H. (2008). Degenerative changes of discs and facet joints in lumbar total disc replacement using ProDisc II: minimum two-year follow-up. *Spine*, 33, 1755–1761. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817b8fed.
8. Fujiwara A., Lim K., An H.S. et al. (2000). The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25 (23), 3036–3044.
9. Matsuura H., Inoue T., Konno H. et al. (2002). Quantification of susceptibility artifacts produced on high-field magnetic resonance images by various biomaterials used for neurosurgical implants. Technical note. *J. Neurosurg.*, 97, 1472–1475. doi: 10.3171/jns.2002.97.6.1472.
10. Leary S.P., Regan J.J., Lanman T.H., Wagner W.H. (2007). Revision and explantation strategies involving the CHARITE lumbar artificial disc replacement. *Spine*, 32, 1001–1011. doi: 10.1097/01.brs.0000260794.73938.93.
11. Baur-Melnyk A., Birkenmaier C., Reiser M.F. (2006). Lumbar disc arthroplasty: indications, biomechanics, types, and radiological criteria. *Radiologe*, 46, 768–778. doi: 10.1007/s00117-006-1356-9.
12. Weishaupt D., Zanetti M., Boos N., Hodler J. (1999). MR imaging and CT in osteoarthritis of the lumbar facet joints. *Skeletal Radiol.*, 28, 215–219. doi: 10.1007/s002560050503.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Конев Владимир Павлович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой судебной медицины и правоведения ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Кривошеин Артем Евгеньевич — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России; научный руководитель отделения травматологии № 2 (вертебрологии) БУЗОО «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области» (Омск).

Колесов Сергей Васильевич — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением патологии позвоночника ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (Москва).

Московский Сергей Николаевич — канд. мед. наук, доцент кафедры судебной медицины и правоведения ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Образец цитирования: Конев В.П., Кривошеин А.Е., Колесов С.В., Московский С.Н. Характер и динамика изменений в фасеточных суставах при различной степени дегенерации межпозвоночных дисков // *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2020. № 4. С. 90–98.

ABOUT THE AUTHORS

Konev Vladimir Pavlovich — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head, Department of Forensic Medicine and Law, Omsk State Medical University.

Krivoshein Artem Evgenyevich — Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Omsk State Medical University; Scientific Director, Department of Traumatology No. 2 (Vertebrology), Clinical Medical and Surgical Center (Omsk).

Kolesov Sergey Vasilyevich — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head, Department of Spine Pathology, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics (Moscow).

Moskovsky Sergey Nikolayevich — Candidate Sci. (Med.), Assistant Professor, Department of Forensic Medicine and Law, Omsk State Medical University.

Citation example: Konev V.P., Krivoshein A.E., Kolesov S.V., Moskovsky S.N. (2020). The nature and dynamics of the facet joints changes in varying grades of intervertebral disc degeneration. *Journal of Siberian Medical Sciences*, 4, 90–98.