

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ ПОЗВОНОЧНИКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Малаханов В.А.<sup>1</sup>,  
Селиверстов П.В.<sup>2</sup>,  
Медведникова Н.Ш.<sup>1</sup>,  
Куприянов А.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ОГБУЗ «Иркутская городская  
клиническая больница № 1» (664046,  
г. Иркутск, ул. Байкальская, 118, Россия)

<sup>2</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
Россия)

<sup>3</sup> ОГАУЗ «Иркутский областной  
клинический консультативно-  
диагностический центр» (664047,  
г. Иркутск, ул. Байкальская, 109, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Малаханов Владлен  
Александрович,**  
e-mail: malakhanow@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

Обследование позвоночника лучевыми методами остаётся наиболее часто проводимым исследованием в амбулаторной практике практически любого рентгенолога. В большинстве случаев изменения позвоночника носят дегенеративно-дистрофический характер. Данные изменения позвоночника являются ведущей причиной потери активности среди лиц взрослого и пожилого возраста, охватывают большой спектр возрастных структурных изменений. Большое значение имеет понимание возможностей и ограничений методов лучевой диагностики. Описание морфологических изменений, наблюдаемых при дегенеративно-дистрофических изменениях, требует использования единообразной терминологии и классификаций среди клиницистов и рентгенологов.

**Цель работы.** Представить современные концепции в оценке дегенеративных изменений позвоночника с помощью лучевых методов исследования. Приводится описание стандартизованной международной номенклатуры патологии межпозвонкового диска и актуальные классификации стеноза позвоночного канала.

**Материал и методы.** Для поиска литературных данных использовались электронные базы MEDLINE (PubMed), eLibrary, EMBASE и Cochrane Library с выборкой источников, опубликованных с 2000 по 2021 г. Анализу были подвергнуты работы, посвящённые диагностике дегенеративных изменений на поясничном уровне и дегенеративному стенозу.

**Выводы.** Ключом к продуктивному общению между врачами является единообразие или стандартизация используемых терминологии и определений. Важно чтобы протокол описания, его термины, смысловые выражения в дальнейшем его пути были единообразны и понятны специалистам, которые занимаются диагностикой и лечением позвоночника. Магнитно-резонансная томография является ценным методом в диагностике дегенеративных изменений позвоночного столба, однако имеет свои ограничения.

**Ключевые слова:** дегенеративные изменения позвоночника, стеноз позвоночного канала, поясничный отдел, грыжа межпозвонкового диска, МРТ

Статья поступила: 23.05.2022

Статья принята: 15.12.2022

Статья опубликована: 29.12.2022

**Для цитирования:** Малаханов В.А., Селиверстов П.В., Медведникова Н.Ш., Куприянов А.В. Современное состояние лучевой диагностики дегенеративных изменений на поясничном уровне позвоночника (обзор литературы). *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(6): 146-160. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.15

## THE CURRENT STATE OF RADIODIAGNOSTICS OF DEGENERATIVE CHANGES IN THE LUMBAR SPINE (LITERATURE REVIEW)

Malakhanov V.A.<sup>1</sup>,  
Seliverstov P.V.<sup>2</sup>,  
Medvednikova N.S.<sup>1</sup>,  
Kupriyanov A.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk City Clinical Hospital No. 1  
(Baikalskaya str. 118, Irkutsk 664046,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

<sup>3</sup> Irkutsk Regional Clinical Consulting  
and Diagnostic Center  
(Baikalskaya str. 109, Irkutsk 664047,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Vladlen A. Malakhanov**,  
e-mail: malakhanow@gmail.com

### ABSTRACT

Examination of the spine using radiological methods remains the most frequently conducted study in the outpatient practice of almost any radiologist. In most cases, changes in the spine are degenerative and dystrophic in nature. These changes in the spine are the leading cause of loss of activity among adults and the elderly, and cover a wide range of age-related structural changes. It is of great importance to understand the possibilities and limitations of radiological methods of diagnostics. The description of morphological changes observed in degenerative and dystrophic changes requires the use of unified terminology and classifications among clinicians and radiologists.

**The aim.** To present modern concepts in the assessment of degenerative changes of the spine using radiological methods. A description of the standardized international nomenclature of intervertebral disc pathology and current classifications of spinal canal stenosis are presented.

**Material and methods.** For literature search, we used electronic databases MEDLINE (PubMed), eLibrary, EMBASE and Cochrane Library with a selection of sources published from 2000 to 2021. We analyzed the works devoted to the diagnosis of degenerative changes in lumbar spine and to degenerative stenosis.

**Conclusion.** The key to productive communication between physicians is the uniformity or standardization of terminology and definitions used. It is important that the protocol of description, its terms, semantic expressions be uniform and understandable to specialists who are involved in the diagnosis and treatment of the spine. Magnetic resonance imaging is a valuable method in the diagnosis of degenerative changes of the spinal column, but it has its limitations.

**Key words:** spine degenerative changes, spinal canal stenosis, lumbar spine, herniation of intervertebral disc, MRI

Received: 23.05.2022  
Accepted: 15.12.2022  
Published: 29.12.2022

**For citation:** Malakhanov V.A., Seliverstov P.V., Medvednikova N.S., Kupriyanov A.V. The current state of radiodiagnosics of degenerative changes in the lumbar spine (literature review). *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(6): 146-160. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.15

## ВВЕДЕНИЕ

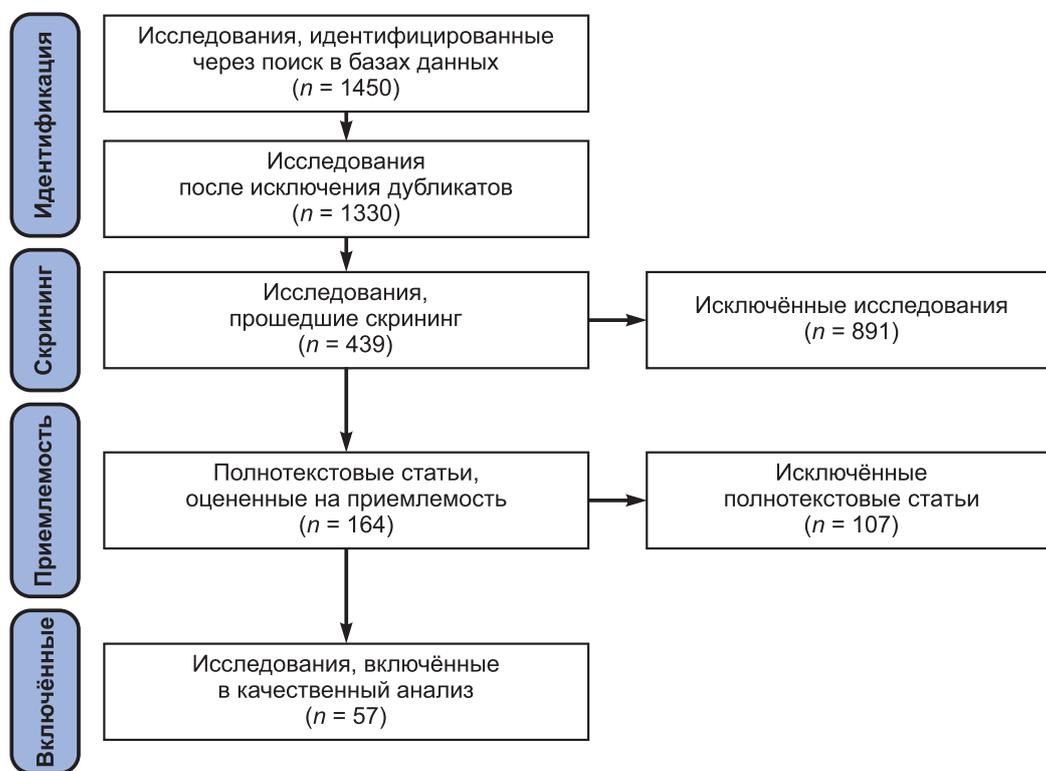
Заболевания позвоночника относятся к социально значимым. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 80–83 % взрослого населения Земли в настоящее время страдают от периодической или постоянной боли в спине. При этом треть пациентов страдают от хронической боли, которая сохраняется более 12 недель и служит причиной длительной нетрудоспособности у 4 % населения. Более 2 % населения нуждаются в хирургических вмешательствах по поводу дегенеративно-дистрофических изменений (данные ВОЗ 2014 г.). Причиной боли, как правило, являются дегенерация или повреждение ряда компонентов позвоночно-двигательного сегмента наряду с мышечно-тоническими нарушениями или повреждениями других мягких тканей.

Сейчас уже сложно переоценить роль современных высокотехнологичных методов обследования, таких как компьютерная томография и особенно магнитно-резонансная томография (МРТ), в диагностике изменений позвоночника [1, 2]. МРТ позволяет оценить степень и характер дегенеративных изменений межпозвонковых дисков (МПД), проследить субарахноидальные пространства, структурные изменения спинного мозга, корешков, а также выявить стеноз позвоночного канала с чувствительностью от 81 до 97 % [3, 4]. Несмотря на это, МРТ зачастую выявляет изменения как у симптомных, так и у бессимптомных пациентов, причём у последних могут присутствовать выраженные изменения с наличием тяжёлого стеноза позвоночного канала [5]. Сложностью также является мно-

гообразии используемой терминологии и классификаций в определении характера и степени дегенеративных изменений. К примеру, в обзоре литературы А. Kettler и соавт. (2006) приводятся 42 системы для оценки МПД и фасеточных суставов [6]. Всё это легко приводит к путанице и недопониманию между специалистами. Большое значение имеет понимание возможностей и ограничений методов исследования, особенно при планировании хирургического лечения. В этой связи тем более важной является адекватная и стандартизованная интерпретация результатов визуализации для оценки анатомических взаимоотношений в зоне интереса и определения стадии патологического процесса [4, 5].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для поиска литературных данных использовались электронные базы MEDLINE (PubMed), EMBASE, eLibrary и Cochrane Library с выборкой источников, опубликованных с 2000 по 2021 г. Анализу были подвергнуты работы, посвящённые диагностике дегенеративных изменений на поясничном уровне и дегенеративному стенозу. Поиск литературных данных осуществлён двумя авторами, и полученные данные независимо рассмотрены одним автором. При возникновении разногласий относительно включения исследований в систематический обзор решение принималось коллегиально. Исследование выполнено в соответствии с международными рекомендациями по написанию систематических обзоров и метаа-



**РИС. 1.**  
Стратегия поиска и отбора литературных данных для включения в обзор литературы

**FIG. 1.**  
Strategy for searching and selecting literature data for inclusion in the literature review

нализ PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). На первом этапе проводился поиск литературных источников с использованием ключевых слов «degenerative changes spine», «lumbar spinal stenosis», «lumbar disc», «MR imaging» для англоязычных источников и «дегенеративные изменения позвоночника», «стеноз поясничного отдела», «грыжа межпозвоночного диска», «МРТ» – для системы eLibrary, а также ручной отбор статей по названиям на соответствие критериям исследования. На втором этапе просматривали резюме статей и исключали публикации, не соответствующие критериям исследования. На третьем этапе просматривали полные тексты отобранных статей на соответствие критериям включения и списки литературы на наличие релевантных исследований (рис. 1).

### Критерии включения

С целью анализа современных литературных данных, посвящённых эпидемиологии, диагностике дегенеративных изменений на поясничном уровне, определены следующие критерии соответствия литературных источников:

1. Включённые исследования: ретроспективные и проспективные когортные исследования; исследования «случай-контроль»; обзоры литературы и систематические обзоры, изучающие методы диагностики пациентов с дегенеративно-дистрофическими изменениями.
2. Участники исследования: взрослые пациенты с хроническими болями на поясничном отделе позвоночника, симптомами стеноза позвоночного канала (хромота, боли в пояснице или ногах).
3. Рассматриваемые методы лучевой диагностики: магнитно-резонансная томография, рентгеновская компьютерная томография.

В основе дегенеративно-дистрофического поражения позвоночника лежит нарушение трофики МПД, его дегидратация с первичным поражением студенистого ядра, что связывают с дистрофическими изменениями подлежащих замыкательных пластинок тел позвонков. Сегодня до конца не ясно, что первично: изменения концевой пластины приводят к дегенерации диска или наоборот [7]. Дегидратация диска отражает прямое снижение концентрации протеогликанов [8]. При выраженной дегидратации стирается граница между ядром и волокнами фиброзного кольца диска, возникают дефекты, отрывы от точек прикрепления к телам позвонков, появление газа, кальциноза диска, приводя к постепенному снижению его высоты и смещению в каком-либо направлении [9]. В подлежащих смежных отделах тел позвонков возникают трещины гиалиновых пластинок с появлением узлов Шморля, развивается склероз. При смещении МПД как реакция, с целью увеличения опорной площади для изменённого диска, происходит образование краевых остеофитов (крючковатых шпор) [10].

Дегенерация МПД приводит к начальной нестабильности и гипермобильности фасеточных суставов с постепенным вовлечением соседних отделов позвоночно-двигательного сегмента [11]. К предрасполагающим к развитию дегенеративных изменений факторам

относят ограниченную подвижность сегмента (наложение ригидных систем стабилизации, нарушение ориентации суставных щелей дугоотростчатых суставов (тропизм), наличие переходных позвонков), сколиоз, болезнь Шейерманна – Мау, пожилой возраст и большие механические нагрузки [4, 7]. Нарушенная биомеханика в дальнейшем приводит к большей нагрузке на задний опорный комплекс с гипертрофией фасеточных суставов и жёлтых связок, иногда с возникновением синовиальных кист или кист связок. Передние синовиальные кисты встречаются реже, чем задние. Спондилоартроз и гипертрофию жёлтой связки относят к главным причинам дегенеративного стеноза позвоночного канала. Некоторые авторы [12, 13] сообщают, что именно жёлтая связка, а не диск вызывает сужение канала, и её вклад может составлять до 50–85 % стеноза. Распространённость поясничного стеноза составляет 9 % среди населения в целом и до 47 % среди лиц старше 60 лет [14]. Чаще поясничный стеноз встречается у женщин [2]. Помимо приведённых дегенеративных изменений, стенозу способствуют врождённые (короткие дужки позвонков – основной причиной является ахондроплазия) и приобретённые (эпидуральный липоматоз) конституциональные изменения [4]. У таких пациентов достаточно лёгкой дегенерации, чтобы вызвать клинические симптомы.

Общепринятое определение стеноза позвоночного канала на сегодняшний день отсутствует [13, 15]. Согласно дефиниции Североамериканского спинального общества (NASS, North American Spinal Society), дегенеративный стеноз – это состояние, при котором уменьшается пространство, доступное для нервных и сосудистых элементов, вторичное по отношению к дегенеративным изменениям в позвоночном канале [4]. При наличии симптомов он проявляется характерной симптоматикой – каудогенной перемежающейся хромотой, определяется как диффузная боль в ягодицах и ногах, парестезия и спазмы в одной или обеих нижних конечностях, провоцируется длительным стоянием или поясничным разгибанием и разрешается сидением, лежанием или сгибанием туловища [2].

Клинические симптомы стеноза вызваны сосудистыми и неврологическими осложнениями. Неврологические осложнения связаны с непосредственной компрессией нервных корешков, конуса спинного мозга, а также с острым химическим раздражением нервного корешка из-за развития воспалительной реакции вокруг грыжи диска [5]. Длительные воспалительные изменения, вторичные по отношению к хроническим грыжам, являются причиной эпидурального фиброза [16]. В норме нервные корешки свободно перемещаются в отверстиях во время движений. Эпидуральное рубцевание ограничивает прохождение нервных корешков через отверстия и может вызвать фиксацию нервных корешков. Этот процесс практически невозможно идентифицировать при визуальной оценке. Сосудистые осложнения прежде всего связаны с развитием венозного застоя [4, 11]. Редко может возникать компрессия непосредственно артерий, питающих спинной мозг (низкое отхождение артерии Адамкевича на уровне L1–L2 и дополнительная радикулотомедулярная артерия Демпрожа – Готтерона на уровне L4–L5).

Прежде чем приступить к оценке дегенеративных изменений, в первую очередь, важна точная и надёжная нумерация тел позвонков. Сообщается, примерно в 26 % случаев нейрохирурги сталкиваются с неправильной нумерацией позвонков, что нередко приводит к оперативному вмешательству на неправильном уровне [17]. Нормальные варианты (24 пресакральных, 5 поясничных позвонков) встречаются примерно у 89 % населения [18]. Переходные груднопоясничные и пояснично-крестцовые позвонки являются относительно распространённым вариантом: примерно 8 % людей имеют 25 позвонков (6 поясничных) и примерно 3 % имеют 23 позвонка (4 поясничных), при этом люмбализация позвонка S1 чаще наблюдается у женщин, а сакрализация – у мужчин. Самым точным методом нумерации позвонков является использование локалайзера на всём позвоночнике, от позвонка C2. Ещё один достаточно точный метод, описываемый в литературе, – это нахождение корешка L5 в месте выхода из межпозвоночного отверстия. Процент правильного совпадения нумерации с эталонным стандартом составляет 98,1 % [18]. Менее достоверным методом, с вероятностью определения 83,3 %, является выявление подвздошно-поясничной связки. Другие ориентиры, включающие определение уровня конуса, правой почечной артерии, верхней брыжеечной артерии, бифуркации аорты и высоты гребня подвздошной кости, признаны менее точными.

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ

Одним из наиболее важных показателей состояния позвоночного столба является состояние межпозвоноковых дисков. Для оценки дегенерации диска наиболее широко известна классификация C.W. Pfirrmann и соавт. [19]

(рис. 2). Она основана на МРТ T2-взвешенных сагиттальных изображениях. Согласно данной классификации, существует пять стадий, учитывающих интенсивность сигнала диска, его структуру, различие ядро/фиброзное кольцо и высоту диска. В некоторых исследованиях указывается, что яркость ядра на T2-взвешенном изображении (T2-ВИ) прямо коррелирует с концентрацией протеогликанов, но не с содержанием воды или коллагена [20]. Главным недостатком этой системы является недискриминативность и двусмысленность в сильно обезвоженных дисках (III–IV степени по Pfirrmann) у пожилых пациентов [20]. Чтобы лучше оценивать эти изменённые дегенеративные диски у пожилых пациентов, J.F. Griffith и соавт. модифицировали систему оценки Pfirrmann, добавив ещё три степени, которые учитывают количественное измерение уменьшения высоты диска [20, 21].

Грыжи без дегенерации диска наблюдаются редко и обычно возникают вторично по отношению к острому травматическому событию. Рентгенологических разделений между острыми, подострыми и хроническими грыжами диска не существует. С неврологической точки зрения, по продолжительности боли и симптомов принято рассматривать острые (менее 4 недель), подострые (4–12 недель) и хронические (более 12 недель) грыжи диска [10].

В 2001 г. была разработана номенклатура патологии МПД на поясничном уровне, которая была обновлена в 2014 г. целевой группой под руководством D.F. Fardon [9, 22]. Номенклатура была одобрена и принята Американским обществом спинальной радиологии (ASSR, American Society of Spine Radiology), Американским обществом нейрорадиологов (ASNR, American Society of Neuroradiology), NASS, а также в 2021 г. принята ассоциациями нейрохирургов, хирургов-вертебрологов и травматологов-ортопедов России [23].



РИС. 2.

Сагиттальное T2-взвешенное изображение поясничного отдела позвоночника и пояснение по шкале Pfirrmann для оценки дегенерации диска

Степень	Структура межпозвонокового диска	Интенсивность сигнала	Чёткость разделения фиброзного кольца и пульпозного ядра	Высота межпозвонокового диска	
I степень	I	гомогенная	гиперинтенсивный (белый)	чёткая граница	нормальная
II степень	II	негомогенная	гиперинтенсивный (белый)	чёткая граница	нормальная
III степень	III	негомогенная	промежуточный (серый)	нечёткая граница	нормальная или слегка уменьшенная
IV степень	IV	негомогенная	промежуточный (серый)	граница отсутствует	нормальная или умеренно уменьшенная
V степень	V	негомогенная	гипоинтенсивный (чёрный)	граница отсутствует	резко снижена

FIG. 2.

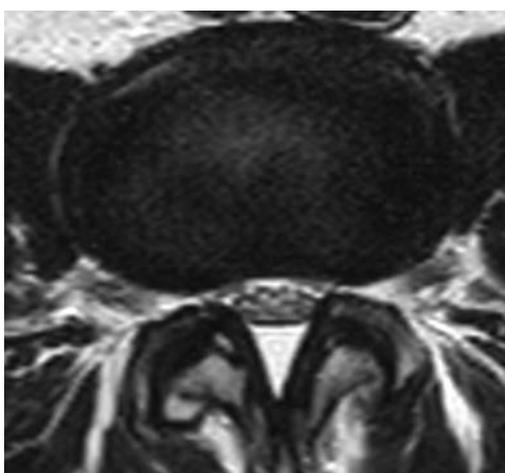
Sagittal T2 weighted image of the lumbar spine and explanation according to the Pfirrmann Scale for the assessment of disc degeneration

Согласно принятой номенклатуре, главным образом, выделено различие между грыжей и выбуханием (bulging) межпозвоночного диска. Выбухание может быть как нормальным вариантом (обычно – уровень L5–S1), так и результатом прогрессирующей дегенерации диска. Оно характеризуется широким диффузным распространением по окружности диска за пределы краёв замыкательных пластин тел позвонков  $\leq 3$  мм, может быть симметричным или асимметричным [9]. Асимметричное выбухание диска связывают с нарушением статики/взаимоотношения позвонков, например, со сколиозом.

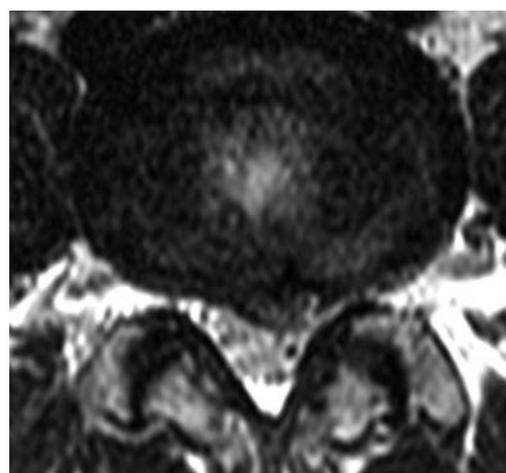
К грыжам относят протрузию, экстррузию и узел Шморля. В первой рекомендации D. Fardon и соавт. (2001) выделяли локальную (до 25 % окружности) и широкую (от 25 до 50 % окружности) грыжи. Согласно обновлённой рекомендации от 2014 г., к грыжам относят только локализованные смещения материала диска объёмом до 25 % окружности; большее значение уже рассматривается как выбухание (рис. 3). Большинство грыж МПД расположены на уровнях L4–L5 и L5–S1.

В протрузии ширина основания больше ширины тела смещённой ткани диска. В экстррузии ширина основания как минимум в одной плоскости меньше размера выпячивания за пределы лимба позвонков. Важно оценивать смещение диска в аксиальной и сагиттальной плоскостях, поскольку в одной плоскости оно может выглядеть как протрузия, а в другой – как экстррузия диска. В такой ситуации, при наличии узкого основания у грыжи хотя бы в одной плоскости, её рекомендовано описывать как экстррузию [9]. Экстррузия диска может осложняться миграцией и секвестрацией. Миграция рассматривается, если она была вытеснена из места экстррузии, независимо от того, секвестрирована она или нет [13, 24]. Секвестрация возникает при потере связи смещённой части ткани диска с материнским ложем. Узел Шморля – это смещение диска в вертикальном направлении через дефект в замыкательной пластине тела позвонка. На одном уровне могут встречаться различные варианты грыж, зачастую уже на фоне выбухания диска.

Определение «грыжа пульпозного ядра» является не совсем верным, поскольку в большинстве случаев в ве-



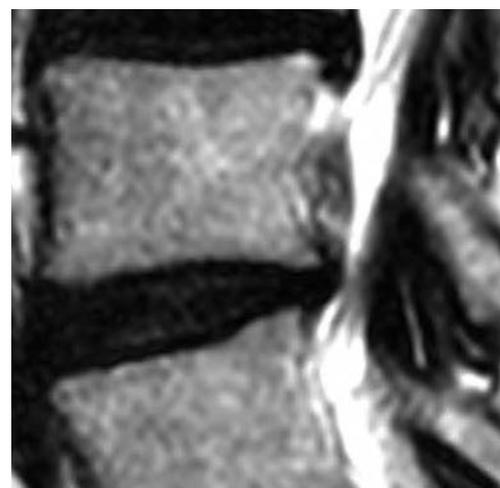
**а**



**б**



**в**



**г**

**РИС. 3.**  
Смещения дисков: **а** – выбухание; **б** – протрузия;  
**в** – экстррузия; **г** – секвестрация с краниальным смещением

**FIG. 3.**  
Intervertebral disc displacements: **а** – bulging; **б** – protrusion;  
**в** – extrusion; **г** – sequestration with cranial displacement

щество грыжи, помимо пульпозного ядра, могут входить структуры фиброзного кольца, хрящ, фрагментированная апофизарная кость [9]. «Пролапс» обозначен синонимом «протрузия». Зона высокой интенсивности (HIZ, high-intensity zone) при её наличии на T2-ВИ в толще наружных отделов фиброзного кольца, как правило, в заднем отделе диска, может контрастироваться и трактуется как «трещина» [9, 10] (рис. 4). «Разрыв фиброзного кольца» – не совсем верное определение, поскольку подразумевает травматическую этиологию, которую не всегда можно установить. По локализации различают поперечные, радиальные и концентрические трещины, чаще встречаются задние. Передние трещины часто остаются недооценёнными, поскольку они также могут быть причиной боли.

По аксиальной плоскости выделяют 4 зоны смещения вещества диска: центральные (расположенные по средней линии); субарткулярные (расположенные в области латерального кармана); фораминальные; экстрафораминальные. При латерализации в центральной зоне рекомендовано вместо парацентральной использовать право- или левосторонние центральные определения. По высоте выделяют 4 уровня смещения дисков, которые оцениваются на сагиттальных томограммах: дискальные, инфрапедикулярные, супрапедикулярные и педикулярные [9, 16]. Желательно отмечать существование грыж в одной зоне с другими очаговыми или диффузными смещениями диска, особенно в тех случаях, когда последние приводят к дополнительному стенозу фораминального или позвоночного канала [24].

Рассматривая классификации грыж межпозвоночных дисков, можно отметить, что в последнее время появились работы, использующие систему оценки Мичиганского государственного университета (MSU, Michigan State University) [25]. Преимуществом её является простота в оценке степени грыжевого смещения и локализации. Следует отметить, что эта система классификации не учитывает выбухания и смещения дисков в са-

гиттальной плоскости, в отличие от номенклатуры поясничных дисков 2.0.

Грыжа межпозвоночного диска в зависимости целостности фиброзного кольца и задней продольной связки может быть ограниченной или не ограниченной; чаще встречаются первые. Транслигаментозные грыжи возникают редко, нарушая целостность продольной связки, могут проникать под паутинную оболочку. Нередко возникает ситуация, когда остеофиты и смещённые фрагменты межпозвоночного диска, особенно кальцинированные, отличить не представляется возможным. В таких случаях рекомендовано использование термина «дискоостеофитический комплекс» [3]. Секвестрированные фрагменты внутри латерального отверстия и нервного отверстия могут вызывать эрозию кортикальной кости и расширение этих пространств и, таким образом, должны учитываться при дифференциальной диагностике с новообразованиями [16].

Нередкой и хорошо известной находкой у пациентов при контрольном обследовании является спонтанная регрессия грыжи диска, без хирургического вмешательства [13]. Регрессия может означать уменьшение размера или даже полное исчезновение грыжи МПД. Точный механизм, лежащий в основе спонтанной регрессии диска, остаётся в значительной степени неизвестным, хотя было выдвинуто несколько гипотез: втягивание материала диска в межпозвоночное пространство; дегидратация или усадка диска; резорбция вследствие воспалительной реакции (фагоцитоз макрофагами). Факторами, которые связаны с высокой вероятностью спонтанной регрессии, являются: секвестрация, высокая интенсивность сигнала на T2-ВИ и грыжи с усилением периферического контраста на T1-ВИ. Высокая интенсивность контрастного усиления также коррелирует с инвазией грануляционной ткани; это указывает на продолжающийся процесс абсорбции и может быть использовано для прогнозирования спонтанной реабсорбции грыжи межпозвоночного диска [13].



**РИС. 4.**  
Радиальная трещина фиброзного кольца



**FIG. 4.**  
Radial annular fissure

## СУБХОНДРАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОСТНОГО МОЗГА ТЕЛ ПОЗВОНКОВ

Замыкательные пластинки тел позвонков играют решающую роль в поддержании механической нагрузки и питания дисков. Изменения концевых пластинок с помощью МРТ были впервые описаны в 1980-х гг. и классифицированы по М.Т. Modic и соавт. от I до III типов [26, 27]. Данная классификация отражает развитие и усугубление дегенеративных изменений, коррелируя с дегенеративными изменениями МПД [25]. Чаще встречаются I и II типы. Изменения I типа представляют собой отёк и воспаление костного мозга, при МРТ проявляются гипоинтенсивностью на T1-ВИ и гиперинтенсивностью на T2-ВИ. В основе патологоанатомических изменений лежат субхондральные переломы с развитием васкуляризованной фиброзной ткани, замещающие нормальный кровянистый костный мозг, которые сопровождаются значительным изменением перфузии концевых пластин [7]. Изменения I типа могут быть хроническими или острыми и сильно связаны с неспецифической болью в пояснице [10]. Замечено, что изменения I типа постепенно переходят во II тип, однако в некоторых случаях могут разрешиться самостоятельно. Дифференциальная диагностика изменений в позвонках I типа, в первую очередь, проводится с инфекционным спондилитом, который даёт аналогичное изменение сигнала на МР-изображениях. В пользу инфекционного процесса характерно развитие дисцита, разрушение замыкательных пластинок позвонков, вовлечение в процесс эпидуральной клетчатки и паравертебральных мягких тканей с формированием флегмоны или абсцессов [28]. Без описанных дополнительных изменений дифференцировать изменения I типа от инфекционного процесса практически невозможно. Изменения II типа связаны с жировым замещением нормального кровянистого костного мозга и проявляются повышением сигнала на T1-ВИ, изоинтенсивным сигналом или слабым повышением сигнала на T2-ВИ. Изменения III типа представляют собой склероз субхондральной кости и проявляются гипоинтенсивными сигналами на всех импульсных последовательностях.

## ОЦЕНКА ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ДУГООТРОСТЧАТЫХ СУСТАВОВ И СВЯЗОЧНОГО АППАРАТА

Фасеточные суставы из-за высокого уровня подвижности, богатой иннервации являются частым источником болевого синдрома [29]. Рентгенологически оценку фасеточных суставов проводят по классификации D. Weishaupt и соавт. (1999) и A. Fujiwara и соавт. (2000) [30–33]. Учитывают сужение суставных поверхностей, наличие остеофитов, гипертрофию суставных отростков, наличие эрозий, субхондральных кист. Синовит на МРТ определяется повышенным сигналом на T2-ВИ в межсуставной щели с её расширением [24]. Толщина выпота фасеточной жидкости больше 1,5 мм может быть предиктором дегенеративного спондилолистеза. При наличии спондилолистеза

за следует указать его тип (истмический или дегенеративный) и степень (согласно классификации Meyerding).

## ОЦЕНКА ДЕГЕНЕРАТИВНОГО СТЕНОЗА ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА

Международным междисциплинарным комитетом [9] принята анатомическая классификация стеноза. Согласно ей, выделяют центральный, латеральный и foraminal стенозы [5]. Центральная зона – это самое частое место компрессии корешка грыжами. Стеноз латерального кармана возникает из-за спондилоартроза, гипертрофии жёлтой связки, остеофитоза и смещения ткани диска. Foraminal стеноз обычно является результатом уменьшения его вертикального размера вследствие снижения высоты диска в сочетании со смещением диска, остеофитозом, гипертрофией дугоотростчатых суставов и жёлтых связок [10]. Межпозвоночный стеноз часто наблюдается у пациентов со спондилолистезом вследствие дегенеративного подвывиха межпозвоночных суставов и нередко – вследствие стрессового перелома межсуставной части дужки позвонка. При определении стеноза важно отмечать, какая анатомическая структура (дисковая, связочная, костная) вызывает сужение [5].

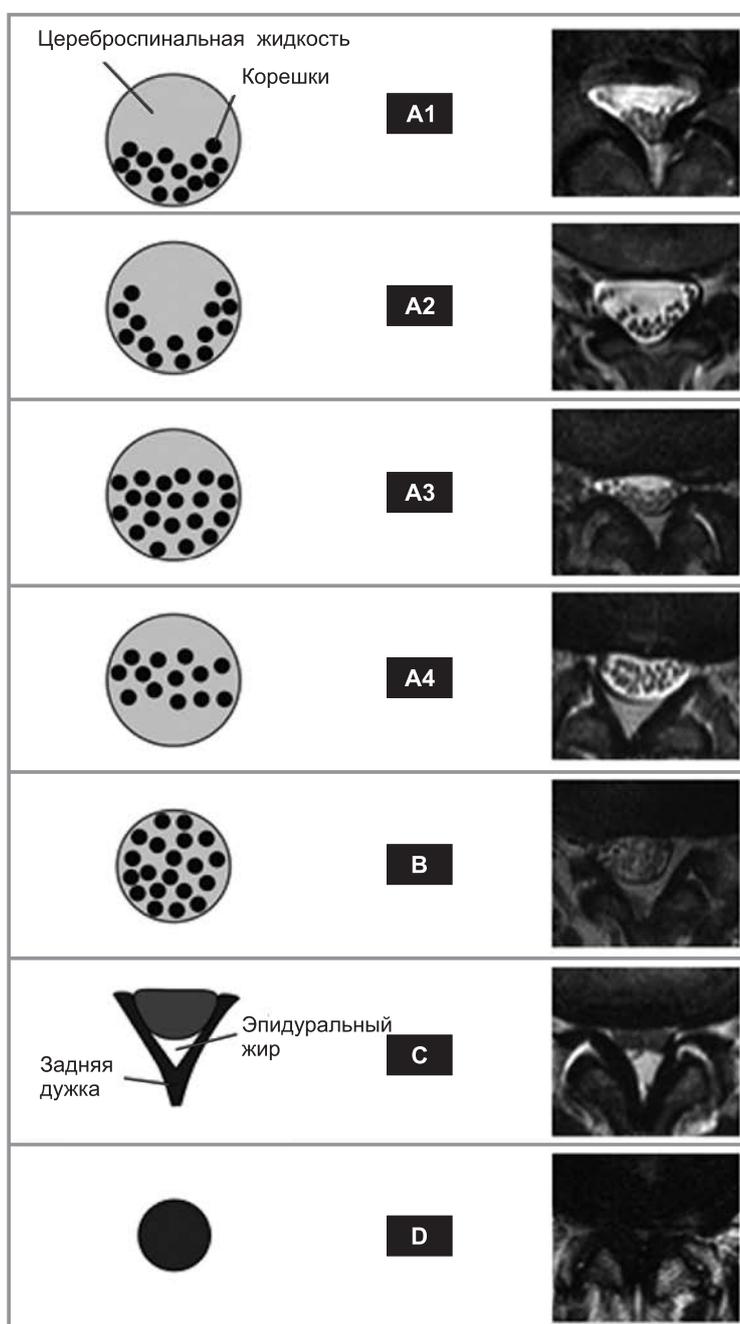
В литературе приводится большое количество классификаций для центрального, латерального и foraminal стенозов [32, 34–38]. Так, при определении центрального стеноза разные авторы приводят измерения, основанные на количественных показателях, таких как поперечный (междужковый) и переднезадний размеры, площадь поперечного сечения костно-позвоночного канала и процентное сужение канала [4, 14, 34, 38–40]. К примеру, H. Verbiest на основании сагиттального размера делит центральный стеноз на относительный (от 10 до 12 мм) и абсолютный (меньше 10 мм) [38]. N. Schönström и соавт. на основании площади поперечного сечения менее 100 мм<sup>2</sup> или 75 мм<sup>2</sup> выделяют умеренный и тяжёлый стенозы соответственно [37]. При оценке латерального стеноза приводятся измерения высоты и глубины латерального кармана, а также его угла, основанные на количественных значениях [2, 4, 40]. Уменьшение значений меньше 2–3 мм или угла кармана < 30° считаются признаком стеноза латерального кармана [4, 5, 37]. Большинство классификаций foraminal стеноза приводят значения уменьшения поперечного размера меньше 3 мм [4]. Классификация foraminal стеноза, предложенная J. Kunogi и соавт., включает переднезадний, цефалокаудальный и циркулярный типы, без степени стеноза [41].

Приведённые и многие другие классификации, основанные на количественных измерениях, не получили признание [4, 42]. Главным их недостатком является плохая корреляция с клиническими симптомами стеноза. Согласно данным лучевых методов, около 20 % людей пожилого и старческого возраста имеют асимптоматическое сужение позвоночного канала [5]. В определённых исследованиях [1, 43] была обнаружена значительная вариабельность в количественных значениях морфометрии

с перекрытием этих значений у пациентов с наличием и без клинических проявлений. Некоторые авторы [39] связывают это с индивидуальными анатомическими особенностями (например, с соотношением размеров отверстий и нервных корешков). Помимо анатомических особенностей, уделяется внимание динамическому стенозу, т. е. увеличению переднезадних размеров и площади поперечного сечения позвоночного канала при сгибании и уменьшению при разгибании (примерно на 16 %) [12, 32, 37], а также в условиях аксиальной нагрузки [1, 4, 12, 44]. Та же динамика также влияет на фораминальные отверстия: сгибание вызывает увеличение площади поверхности на 12 %, а разгибание – уменьшение на 15 % [5].

В найденных систематических обзорах литературы [2, 15, 39, 40, 45, 46], опросе Delphi [14] авторы с большим дове-

рием отдают предпочтение качественным критериям стеноза [40]. К ним относят выпячивание диска, отсутствие периневральной клетчатки в форамене, гипертрофическую дегенерацию фасеточного сустава, отсутствие жидкости вокруг конского хвоста и гипертрофию жёлтой связки [14]. G. Andreisek и соавт., помимо вышеописанных критериев, как качественным критериям относят непосредственное сдавление корешка нерва в латеральном кармане и в фораминальном отверстии [39]. На основании приведённых критериев, широко цитируемых и пользующимися в клинических рекомендациях, приведены следующие классификации: для оценки центрального стеноза – 7-шкальная система классификации C. Schizas и соавт. (2010) и 4-шкальная система G.Y. Lee и соавт. (2011), построенные на T2-ВИ аксиальных изображениях; для фораминального стеноза –



**РИС. 5.**

Классификация стеноза позвоночного канала по Schizas (адаптировано из [8]). Стеноз степени **A** – внутри дурального мешка отчетливо виден ликвор, но его распределение неоднородно: **A1** – корешки расположены дорсально и занимают менее половины площади дурального мешка; **A2** – корешки расположены дорсально, соприкасаясь с твердой мозговой оболочкой, но в форме подковы; **A3** – корешки расположены дорсально и занимают более половины площади дурального мешка; **A4** – корешки расположены в центре и занимают большую часть площади дурального мешка. Стеноз степени **B** – корешки занимают весь дуральный мешок, но их всё ещё можно индивидуализировать; некоторое количество ликвора всё ещё присутствует, придавая мешочку зернистый вид. Стеноз степени **C** – корешки не распознаются; дуральный мешок демонстрирует однородный серый сигнал без видимого сигнала ликвора; кзади присутствует эпидуральный жир. Стеноз степени **D** – в дополнение к отсутствию узнаваемых корешков эпидуральный жир сзади отсутствует

**FIG. 5.**

Classification of spinal canal stenosis by Schizas (adapted from [8]). Grade **A** – cerebrospinal fluid is clearly visible inside the dural sac, but its distribution is heterogeneous: **A1** – rootlets lie dorsally and occupy less than half of the dural sac area; **A2** – rootlets lie dorsally, in contact with the dura mater, with a horseshoe configuration; **A3** – rootlets lie dorsally and occupy more than half of the dural sac area; **A4** – rootlets lie centrally and occupy the majority of the dural sac area. Grade **B** – rootlets occupy the entire dural sac, but they still can be individualized; some amount cerebrospinal fluid is still present, giving a grainy appearance to the sac. Grade **C** – no rootlets are recognized, no cerebrospinal fluid is visible, giving a homogeneous gray signal to the sac, while epidural fat remains posteriorly. Grade **D** – in addition to no rootlets being recognizable, the epidural fat posteriorly is obliterated

стема оценки по S. Lee и соавт. (2010), построенная на сагиттальных Т2-ВИ [8, 35, 39, 42]; для латерального стеноза – классификация С.В. Pfitzner и соавт. (2004) [47] и её модификации [48], построенные на оценке аксиальных Т2-ВИ.

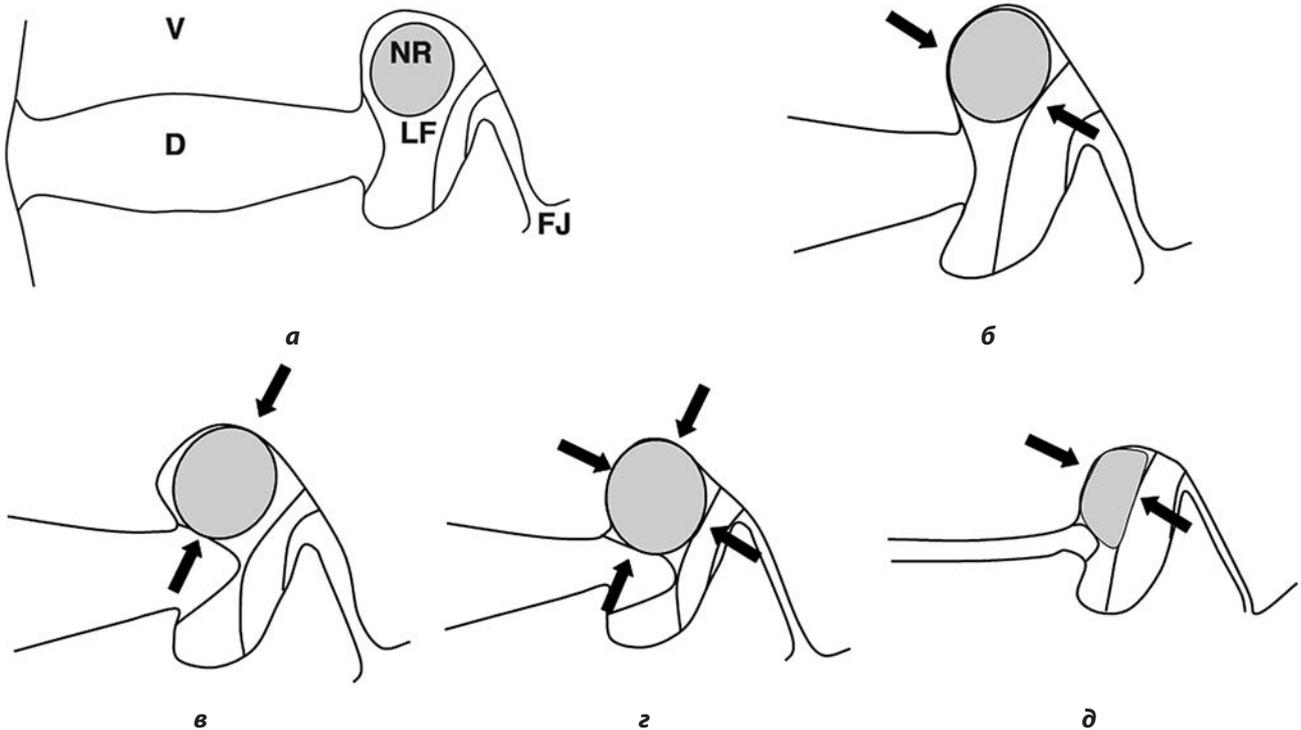
Преимуществом всех этих систем является быстрая визуальная оценка без необходимости использования измерительных инструментов. Системы Schizas и Lee очень похожи между собой – они оценивают степень соотношения пространства между спинномозговой жидкостью и корешками конского хвоста. Выявлена значительная положительная корреляция между оценкой Schizas и балльными оценками Освестри и нейрогенной хромоты [8, 42, 49]. Система оценки Schizas фокусируется на соотношении спинномозговой жидкости/корешков и сглаживании дорсального эпидурального жира (рис. 5).

Система оценок Lee фокусируется на облитерации вентрального пространства спинномозговой жидкости и агрегации конского хвоста. Нужно сказать, что классификация оценки стеноза по Schizas одобрена национальными клиническими рекомендациями [23].

Совсем недавно N. Miskin и соавт. (2021) приводили модифицированную четырёхбалльную систему, осно-

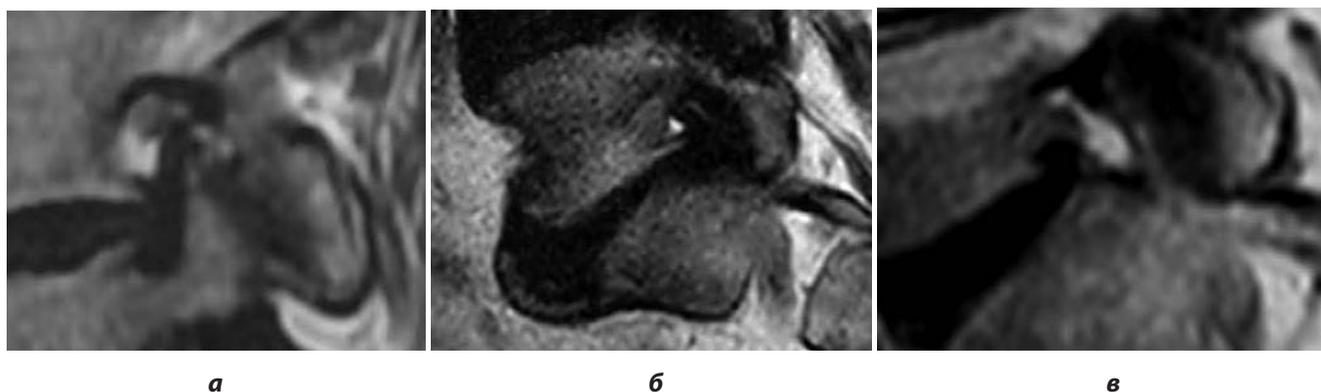
ванную на классификации Schizas [48]. Нулевая степень (норма): нервные корешки располагаются свободно, без скученности. Передний контур дурального мешка плоский или выпуклый. Лёгкий стеноз: небольшая скученность нервных корешков. Передний контур дурального мешка плоский или слегка вогнутый. Нервные корешки остаются различимыми от спинномозговой жидкости. Умеренный стеноз: имеется скученность нервных корешков, что приводит к однородному «пятнистому» внешнему виду спинномозговой жидкости с вкраплениями нервных корешков. Передний контур дурального мешка вогнутый. Тяжёлый стеноз: наблюдается полное стирание спинномозговой жидкости, в результате чего нервные корешки не различимы по отдельности. Передний контур дурального мешка вогнут или не различим.

Для фораминального стеноза наиболее часто приводятся качественные классификации S. Lee и соавт. [36] и S. Wildermut и соавт. [33], которые похожи тем, что основаны на степени облитерации периневральной клетчатки, но первая классификация учитывает наличие компрессии нервного корешка вне зависимости от потери периневральной клетчатки, в связи с чем на сегодняш-



**РИС. 6.** Классификация фораминального стеноза по Lee: **а** – 0-я степень (нет стеноза); **б, в** – 1-я степень (лёгкий стеноз), проявляется облитерацией периневрального жира, окружающего нервный корешок, в двух противоположных направлениях (вертикальном или поперечном), без компрессии корешка; **з** – 2-я степень (умеренный стеноз), проявляется облитерацией периневрального жира, окружающего нервный корешок в четырёх направлениях, без компрессии корешка; **д** – 3-я степень (тяжёлый стеноз), проявляется коллапсом нервного корешка

**FIG. 6.** Classification of foraminal stenosis according to Lee: **a** – grade 0 (no stenosis); **б, в** – grade 1 (mild stenosis), obliteration of rootlet-surrounding perineural fat in two opposite directions (vertical or transverse), without compression of the rootlet; **з** – grade 2 (moderate stenosis), obliteration of rootlet-surrounding perineural fat in four directions, without compression of the rootlet; **д** – grade 3 (severe stenosis), collapse of the rootlet

**РИС. 7.**

Примеры фораминальных стенозов по Lee: **а** – 1-я степень; **б** – 2-я степень; **в** – 3-я степень

**Fig. 7.**

Examples of Lee foraminal stenoses: **a** – grade 1 stenosis; **b** – grade 2 stenosis; **c** – grade 3 stenosis

ний день является наиболее востребованной [13, 50]. Она также одобрена национальными клиническими рекомендациями [23] (рис. 6, 7).

Главными качественными критериями оценки стеноза латерального кармана считаются прилегание, отклонение и непосредственная компрессия корешка что позволяет выделить лёгкий, умеренный и тяжёлый стенозы соответственно [47, 48].

Также в литературе описываются дополнительные признаки стеноза – удлинение, утолщение и извилистость нервных корешков в субарахноидальном пространстве выше уровня стеноза, наблюдаемые в 85 % случаев, и указывающие на хронический воспалительный процесс, повторяющуюся тракцию и/или венозный застой [4]. Представляется вероятным, что при сгибании/разгибании позвоночника происходит вытягивание корешков через место сужения, и затем они не могут вернуться в исходное положение [4]. В сообщениях Р. Cowley и М. Narimoto и соавт. [4, 51] говорится о важном прогностическом критерии тяжёлого стеноза, описанном Т. Barz и соавт. – «признаке оседания нервного корешка», который считается положительным, если корешки конского хвоста не оседают по задней стенке дурального мешка, выше и ниже уровня стеноза, могут контрастироваться ввиду воспаления и венозного застоя [52].

Для повышения диагностической специфичности многие авторы подчёркивают важность корреляции отклонений на МРТ с клиническими симптомами, настоятельно рекомендуют использовать опросники для определения предполагаемого типа, уровня и стороны боли, при использовании которых обеспечивается значительно более высокий уровень диагностической достоверности МРТ, чем без их использования [5, 11, 53].

Помимо приведённых дегенеративных изменений, нередко причиной дорасалгии у пожилых пациентов является сближение остистых отростков позвонков с развитием в их смежных отделах артроза (болезнь Бааструпа, или «целующий позвоночник»). Для неё характерны боли в пояснице, которые усиливаются при разгибании, надавливании в области межостистого пространства. Факторами риска развития болезни Бааструпа являются

чрезмерный поясничный лордоз, большие остистые отростки или небольшое межостистое пространство из-за снижения высоты диска, а также снижение высоты тела. При наличии переходного нижнего поясничного позвонка (типы IIa и IIb по Castellvi) происходит развитие артроза между изменёнными поперечными отростками, что также может быть причиной боли в спине.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ключом к продуктивному общению между врачами является единообразие или стандартизация используемой терминологии и определений. Важно, чтобы протокол описания, его термины, смысловые выражения в дальнейшем его пути были единообразны и понятны специалистам, которые занимаются диагностикой и лечением позвоночника. Магнитно-резонансная томография является ценным методом в диагностике дегенеративных изменений позвоночного столба, однако имеет свои ограничения. Возможность визуализации дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника позволяет считать её одним из ведущих методов диагностики причин патологических изменений. Метод позволяет оценить признаки стенозирующих процессов позвоночного канала.

### Конфликт интересов

Авторы сообщают об отсутствии конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бажин А.В., Егорова Е.А., Лежнев Д.А., Васильев А.Ю., Трутень В.П., Смысленова М.В. Магнитно-резонансная томография с аксиальной нагрузкой в диагностике нарушений статики поясничного отдела позвоночника. *Гений ортопедии*. 2020; 26(3): 376-381. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-3-376-381
2. Zileli M, Crostelli M, Grimaldi M, Mazza O, Anania C, Fornari M, et al. Natural Course and Diagnosis of Lumbar Spinal Ste-

- nosis: WFNS Spine Committee Recommendations. *World Neurosurg* X. 2020; 7: 100073. doi: 10.1016/j.wnsx.2020.100073
3. Цориев А.Э., Налесник М.В. *Оценка и интерпретация лучевого исследования позвоночника*. Екатеринбург: УГМА, 2008.
  4. Cowley P. Neuroimaging of spinal canal stenosis. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2016; 24(3): 523-539. doi: 10.1016/j.mric.2016.04.009
  5. Genevay S, Atlas SJ. Lumbar spinal stenosis. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010; 24(2): 253-265. doi: 10.1016/j.berh.2009.11.001
  6. Kettler A, Wilke HJ. Review of existing grading systems for cervical or lumbar disc and facet joint degeneration. *Eur Spine J*. 2006; 15(6): 705-718. doi: 10.1007/s00586-005-0954-y
  7. Farshad-Amacker NA, Farshad M, Winklehner A, Andreisek G. MR imaging of degenerative disc disease. *Eur J Radiol*. 2015; 84(9): 1768-1776. doi: 10.1016/j.ejrad.2015.04.002
  8. Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, et al. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35(21): 1919-1924. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd
  9. Fardon DF, Milette PC. Combined task forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. Nomenclature and classification of lumbar disc pathology. Recommendations of the Combined task Forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001; 26(5): E93-E113. doi: 10.1097/00007632-200103010-00006
  10. Kushchayev SV, Glushko T, Jarraya M, Schuleri KH, Preul MC, Brooks ML, et al. ABCs of the degenerative spine. *Insights Imaging*. 2018; 9(2): 253-274. doi: 10.1007/s13244-017-0584-z
  11. Lee SY, Kim TH, Oh JK, Lee SJ, Park MS. Lumbar stenosis: A recent update by review of literature. *Asian Spine J*. 2015; 9(5): 818-828. doi: 10.4184/asj.2015.9.5.818
  12. Hansson T, Suzuki N, Hebelka H, Gaulitz A. The narrowing of the lumbar spinal canal during loaded MRI: The effects of the disc and ligamentum flavum. *Eur Spine J*. 2009; 18(5): 679-686. doi: 10.1007/s00586-009-0919-7
  13. Spinal imaging: Diagnostic imaging of the spine and spinal cord. *Am J Neuroradiol*. 2008; 29(7): e60-e61. doi: 10.3174/ajnr.A0984
  14. Mamiisch N, Brumann M, Hodler J, Held U, Brunner F, Steurer J; Lumbar Spinal Stenosis Outcome Study Working Group Zurich. Radiologic criteria for the diagnosis of spinal stenosis: Results of a Delphi survey. *Radiology*. 2012; 264(1): 174-179. doi: 10.1148/radiol.12111930
  15. De Schepper EI, Overvest GM, Suri P, Peul WC, Oei EH, Koes BW, et al. Diagnosis of lumbar spinal stenosis: an updated systematic review of the accuracy of diagnostic tests. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013; 38(8): E469-E481. doi: 10.1097/BRS.0b013e31828935ac
  16. Ross JS. *Diagnostic imaging: Spine*; 3rd ed. 2015.
  17. Epstein N. A perspective on wrong level, wrong side, and wrong site spine surgery. *Surg Neurol Int*. 2021; 12: 286. doi: 10.25259/SNI\_402\_2021
  18. Peckham ME, Hutchins TA, Stilwill SE, Mills MK, Morrissey BJ, Joiner EAR, et al. Localizing the L5 vertebra using nerve morphology on MRI: An accurate and reliable technique. *Am J Neuroradiol*. 2017; 38(10): 2008-2014. doi: 10.3174/ajnr.A5311
  19. Pfirrmann CW, Metzendorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001; 26(17): 1873-1878. doi: 10.1097/00007632-200109010-00011
  20. Rim DC. Quantitative Pfirrmann disc degeneration grading system to overcome the limitation of Pfirrmann disc degeneration grade. *Korean J Spine*. 2016; 13(1): 1-8. doi: 10.14245/kjs.2016.13.1.1
  21. Griffith JF, Wang YX, Antonio GE, Choi KC, Yu A, Ahuja AT, et al. Modified Pfirrmann grading system for lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32(24): E708-E712. doi: 10.1097/BRS.0b013e31815a59a0
  22. Fardon DF, Williams AL, Dohring EJ, Murtagh FR, Gabriel Rothman SL, Sze GK. Lumbar disc nomenclature: version 2.0: Recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society, the American Society of Spine Radiology and the American Society of Neuroradiology. *Spine J*. 2014; 14(11): 2525-2545. doi: 10.1016/j.spinee.2014.04.022
  23. Ассоциация нейрохирургов России. *Клинические рекомендации: Дегенеративные заболевания позвоночника*. URL: <https://ruans.org/Text/Guidelines/degenerative-spinal-diseases-2021.pdf> [дата доступа: 12.05.2022].
  24. Pizzini FB, Poletti M, Beltramello A, Muto M, Splendiani A, Mehrabi S, et al. Degenerative spine disease: Italian position paper on acquisition, interpretation and reporting of magnetic resonance imaging. *Insights Imaging*. 2021; 12(1): 14. doi: 10.1186/s13244-020-00952-w
  25. Mysliwiec LW, Cholewicki J, Winkelpleck MD, Eis GP. MSU classification for herniated lumbar discs on MRI: Toward developing objective criteria for surgical selection. *Eur Spine J*. 2010; 19(7): 1087-1093. doi: 10.1007/s00586-009-1274-4
  26. Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS, Carter JR. Imaging of degenerative disk disease. *Radiology*. 1988; 168: 177-186. doi: 10.1148/radiology.168.1.3289089
  27. Yu LP, Qian WW, Yin GY, Ren YX, Hu ZY. MRI assessment of lumbar intervertebral disc degeneration with lumbar degenerative disease using the Pfirrmann grading systems. *PLoS One*. 2012; 7(12): e48074. doi: 10.1371/journal.pone.0048074
  28. Chima-Melton C, Pearl M, Scheiner M. Diagnosis of spinal epidural abscess: a case report and literature review. *Spinal Cord Ser Cases*. 2017; 3: 17013. doi: 10.1038/scsandc.2017.13
  29. Сороковиков В.А., Горбунов А.В., Кошкарёва З.В., Брюханов В.Г., Поздеева Н.А. Классификации стенозов позвоночного канала в поясничном отделе позвоночника (обзор литературы). *Acta biomedica scientifica*. 2010; 72(2): 243-247.
  30. Бывальцев В.А., Шепелев В.В., Никифоров С.Б., Калинин А.А. Изолированные и сочетанные дегенеративные тандем-стенозы позвоночного канала шейного и поясничного отделов позвоночника: обзор литературы. *Хирургия позвоночника*. 2016; 13(2): 52-61. doi: 10.14531/ss2016.2.52-61
  31. Fujiwara A, Lim TH, An HS, Tanaka N, Jeon CH, Andersson GB, et al. The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000; 25(23): 3036-3044. doi: 10.1097/00007632-200012010-00011
  32. Wildermuth S, Zanetti M, Duewell S, Schmid MR, Romanowski B, Benini A, et al. Lumbar spine: quantitative and qualitative assessment of positional (upright flexion and extension) MR imaging and myelography. *Radiology*. 1998; 207(2): 391-398. doi: 10.1148/radiology.207.2.9577486
  33. Weishaupt D, Zanetti M, Boos N, Hodler J. MR imaging and CT in osteoarthritis of the lumbar facet joints. *Skeletal Radiol*. 1999; 28(4): 215-219. doi: 10.1007/s002560050503

34. Herzog RJ, Kaiser JA, Saal JA, Saal JS. The importance of posterior epidural fat pad in lumbar central canal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991; 16(Suppl 6): S227-S233. doi: 10.1097/00007632-199106001-00010

35. Lee GY, Lee JW, Choi HS, Oh KJ, Kang HS. A new grading system of lumbar central canal stenosis on MRI: an easy and reliable method. *Skeletal Radiol*. 2011; 40(8): 1033-1039. doi: 10.1007/s00256-011-1102-x

36. Lee S, Lee JW, Yeom JS, Kim KJ, Kim HJ, Chung SK, et al. A practical MRI grading system for lumbar foraminal stenosis. *Am J Roentgenol*. 2010; 194(4): 1095-1098. doi: 10.2214/AJR.09.2772

37. Schönström N, Willén J. Imaging lumbar spinal stenosis. *Radiol Clin North Am*. 2001; 39(1): 31-v. doi: 10.1016/s0033-8389(05)70262-1

38. Verbiest H. *Sur certaines forms rares de compression de la queue de cheval: Homage a Clovis Vincent*. Paris: Malouie; 1949.

39. Andreisek G, Deyo RA, Jarvik JG, Porchet F, Winklhofer SF, Steurer J; LSOS working group. Consensus conference on core radiological parameters to describe lumbar stenosis – An initiative for structured reporting. *Eur Radiol*. 2014; 24(12): 3224-3232. doi: 10.1007/s00330-014-3346-z

40. Steurer J, Roner S, Gnannt R, Hodler J. LumbSten Research Collaboration. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: A systematic literature review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011; 12: 175. doi: 10.1186/1471-2474-12-175

41. Kunogi J, Hasue M. Diagnosis and operative treatment of intraforaminal and extraforaminal nerve root compression. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991; 16(11): 1312-1320. doi: 10.1097/00007632-199111000-00012

42. Ko YJ, Lee E, Lee JW, Park CY, Cho J, Kang Y, et al. Clinical validity of two different grading systems for lumbar central canal stenosis: Schizas and Lee classification systems. *PLoS One*. 2020; 15(5): e0233633. doi: 10.1371/journal.pone.0233633

43. Van Rijn JC, Klemetso N, Reitsma JB, Majoie CB, Hulsmans FJ, Peul WC, et al. Observer variation in MRI evaluation of patients suspected of lumbar disk herniation. *Am J Roentgenol*. 2005; 184: 299-303. doi: 10.2214/ajr.184.1.01840299

44. Choi KC, Kim JS, Jung B, Lee SH. Dynamic lumbar spinal stenosis: The usefulness of axial loaded MRI in preoperative evaluation. *J Korean Neurosurg Soc*. 2009; 46(3): 265-268. doi: 10.3340/jkns.2009.46.3.265

45. Brinjikji W, Luetmer PH, Comstock B, Bresnahan BW, Chen LE, Deyo RA, et al. Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *Am J Neuroradiol*. 2015; 36(4): 811-816. doi: 10.3174/ajnr.A4173

46. Lurie J, Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis. *BMJ*. 2016; 352: h6234. doi: 10.1136/bmj.h6234

47. Pfirrmann CW, Dora C, Schmid MR, Zanetti M, Hodler J, Boos N. MR image-based grading of lumbar nerve root compromise due to disk herniation: Reliability study with surgical correlation. *Radiology*. 2004; 230(2): 583-588. doi: 10.1148/radiol.2302021289

48. Miskin N, Isaac Z, Lu Y, Makhni MC, Sarno DL, Smith TR, et al. Simplified universal grading of lumbar spine MRI degenerative findings: Inter-reader agreement of non-radiologist spine experts. *Pain Med*. 2021; 22(7): 1485-1495. doi: 10.1093/pm/pnab098

49. Li J, Li H, Zhang N, Wang ZW, Zhao TF, Chen LW, et al. Radiographic and clinical outcome of lateral lumbar interbody fusion for extreme lumbar spinal stenosis of Schizas grade D:

A retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020; 21(1): 259. doi: 10.1186/s12891-020-03282-6

50. Varghese B, Babu AC. An analysis on reliability of the lee and wildermuth magnetic resonance imaging grading systems for lumbar neural foraminal stenosis. *West Afr J Radiol*. 2017; 24: 8-13. doi: 10.4103/1115-3474.192750

51. Norimoto M, Eguchi Y, Kanamoto H, Oikawa Y, Matsumoto K, Masuda Y, et al. Diffusion tensor imaging of the spinal canal in quantitative assessment of patients with lumbar spinal canal stenosis. *Asian Spine J*. 2021; 15(2): 207-215. doi: 10.31616/asj.2020.0026

52. Barz T, Melloh M, Staub LP, Lord SJ, Lange J, Röder CP, et al. Nerve root sedimentation sign: Evaluation of a new radiological sign in lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35(8): 892-897. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181c7c74b

53. Balza R, Mercaldo SF, Chang CY, Huang AJ, Hussein JS, Kheterpal AB, et al. Impact of patient-reported symptom information on agreement in the MRI diagnosis of presumptive lumbar spine pain generator. *Am J Roentgenol*. 2021; 217(4): 947-956. doi: 10.2214/AJR.20.25210

## REFERENCES

1. Bazhin AV, Egorova EA, Lezhnev DA, Vasilyev AY, Truten VP, Smyslenova MV. Axial-loaded magnetic resonance imaging in the diagnosis of static disorders of the lumbar spine. *Genij ortopedii*. 2020; 26(3): 376-381. (In Russ.). doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-3-376-381

2. Zileli M, Crostelli M, Grimaldi M, Mazza O, Anania C, Fornari M, et al. Natural Course and Diagnosis of Lumbar Spinal Stenosis: WFNS Spine Committee Recommendations. *World Neurosurg X*. 2020; 7: 100073. doi: 10.1016/j.wnsx.2020.100073

3. Tsoiriev AE, Nalesnik MV. *Assessment and interpretation of radiological examination of the spine*. Yekaterinburg: UGMA, 2008. (In Russ.).

4. Cowley P. Neuroimaging of spinal canal stenosis. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2016; 24(3): 523-539. doi: 10.1016/j.mric.2016.04.009

5. Genevay S, Atlas SJ. Lumbar spinal stenosis. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010; 24(2): 253-265. doi: 10.1016/j.berh.2009.11.001

6. Kettler A, Wilke HJ. Review of existing grading systems for cervical or lumbar disc and facet joint degeneration. *Eur Spine J*. 2006; 15(6): 705-718. doi: 10.1007/s00586-005-0954-y

7. Farshad-Amacker NA, Farshad M, Winklehner A, Andreisek G. MR imaging of degenerative disc disease. *Eur J Radiol*. 2015; 84(9): 1768-1776. doi: 10.1016/j.ejrad.2015.04.002

8. Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, et al. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35(21): 1919-1924. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd

9. Fardon DF, Milette PC. Combined task forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. Nomenclature and classification of lumbar disc pathology. Recommendations of the Combined task Forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001; 26(5): E93-E113. doi: 10.1097/00007632-200103010-00006

10. Kushchayev SV, Glushko T, Jarraya M, Schuleri KH, Preul MC, Brooks ML, et al. ABCs of the degenerative spine. *Insights Imaging*. 2018; 9(2): 253-274. doi: 10.1007/s13244-017-0584-z
11. Lee SY, Kim TH, Oh JK, Lee SJ, Park MS. Lumbar stenosis: A recent update by review of literature. *Asian Spine J*. 2015; 9(5): 818-828. doi: 10.4184/asj.2015.9.5.818
12. Hansson T, Suzuki N, Hebelka H, Gaulitz A. The narrowing of the lumbar spinal canal during loaded MRI: The effects of the disc and ligamentum flavum. *Eur Spine J*. 2009; 18(5): 679-686. doi: 10.1007/s00586-009-0919-7
13. Spinal imaging: Diagnostic imaging of the spine and spinal cord. *Am J Neuroradiol*. 2008; 29(7): e60-e61. doi: 10.3174/ajnr.A0984
14. Mamisch N, Brumann M, Hodler J, Held U, Brunner F, Steurer J; Lumbar Spinal Stenosis Outcome Study Working Group Zurich. Radiologic criteria for the diagnosis of spinal stenosis: Results of a Delphi survey. *Radiology*. 2012; 264(1): 174-179. doi: 10.1148/radiol.12111930
15. De Schepper EI, Overvest GM, Suri P, Peul WC, Oei EH, Koes BW, et al. Diagnosis of lumbar spinal stenosis: an updated systematic review of the accuracy of diagnostic tests. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013; 38(8): E469-E481. doi: 10.1097/BRS.0b013e31828935ac
16. Ross JS. *Diagnostic imaging: Spine*; 3rd ed. 2015.
17. Epstein N. A perspective on wrong level, wrong side, and wrong site spine surgery. *Surg Neurol Int*. 2021; 12: 286. doi: 10.25259/SNI\_402\_2021
18. Peckham ME, Hutchins TA, Stilwill SE, Mills MK, Morrissey BJ, Joiner EAR, et al. Localizing the L5 vertebra using nerve morphology on MRI: An accurate and reliable technique. *Am J Neuroradiol*. 2017; 38(10): 2008-2014. doi: 10.3174/ajnr.A5311
19. Pfirrmann CW, Metzendorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001; 26(17): 1873-1878. doi: 10.1097/00007632-200109010-00011
20. Rim DC. Quantitative Pfirrmann disc degeneration grading system to overcome the limitation of Pfirrmann disc degeneration grade. *Korean J Spine*. 2016; 13(1): 1-8. doi: 10.14245/kjs.2016.13.1.1
21. Griffith JF, Wang YX, Antonio GE, Choi KC, Yu A, Ahuja AT, et al. Modified Pfirrmann grading system for lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32(24): E708-E712. doi: 10.1097/BRS.0b013e31815a59a0
22. Fardon DF, Williams AL, Dohring EJ, Murtagh FR, Gabriel Rothman SL, Sze GK. Lumbar disc nomenclature: version 2.0: Recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society, the American Society of Spine Radiology and the American Society of Neuroradiology. *Spine J*. 2014; 14(11): 2525-2545. doi: 10.1016/j.spinee.2014.04.022
23. Association of Neurosurgeons of Russia. *Clinical guidelines: Degenerative diseases of the spine*. URL: <https://ruans.org/Text/Guidelines/degenerative-spinal-diseases-2021.pdf> [date of access: 12.05.2022]. (In Russ.).
24. Pizzini FB, Poletti M, Beltramello A, Muto M, Splendiani A, Mehrabi S, et al. Degenerative spine disease: Italian position paper on acquisition, interpretation and reporting of magnetic resonance imaging. *Insights Imaging*. 2021; 12(1): 14. doi: 10.1186/s13244-020-00952-w
25. Mysliwiec LW, Cholewicki J, Winkelpleck MD, Eis GP. MSU classification for herniated lumbar discs on MRI: Toward developing objective criteria for surgical selection. *Eur Spine J*. 2010; 19(7): 1087-1093. doi: 10.1007/s00586-009-1274-4
26. Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS, Carter JR. Imaging of degenerative disk disease. *Radiology*. 1988; 168: 177-186. doi: 10.1148/radiology.168.1.3289089
27. Yu LP, Qian WW, Yin GY, Ren YX, Hu ZY. MRI assessment of lumbar intervertebral disc degeneration with lumbar degenerative disease using the Pfirrmann grading systems. *PLoS One*. 2012; 7(12): e48074. doi: 10.1371/journal.pone.0048074
28. Chima-Melton C, Pearl M, Scheiner M. Diagnosis of spinal epidural abscess: a case report and literature review. *Spinal Cord Ser Cases*. 2017; 3: 17013. doi: 10.1038/scsandc.2017.13
29. Sorokovikov VA, Gorbunov AV, Koshkareva ZV, Bryukhanov VG, Pozdeeva NA. Classifications of vertebral canal stenosis in lumbar section of spine (literature review). *Acta biomedica scientifica*. 2010; 72(2): 243-247. (In Russ.).
30. Byvaltsev VA, Shepelev VV, Nikiforov SB, Kalinin AA. Isolated and combined degenerative tandem cervical and lumbar spinal stenoses: Literature review. *Journal of Spine Surgery*. 2016; 13(2): 52-61. (In Russ.). doi: 10.14531/ss2016.2.52-61
31. Fujiwara A, Lim TH, An HS, Tanaka N, Jeon CH, Andersson GB, et al. The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000; 25(23): 3036-3044. doi: 10.1097/00007632-200012010-00011
32. Wildermuth S, Zanetti M, Duewell S, Schmid MR, Romanowski B, Benini A, et al. Lumbar spine: quantitative and qualitative assessment of positional (upright flexion and extension) MR imaging and myelography. *Radiology*. 1998; 207(2): 391-398. doi: 10.1148/radiology.207.2.9577486
33. Weishaupt D, Zanetti M, Boos N, Hodler J. MR imaging and CT in osteoarthritis of the lumbar facet joints. *Skeletal Radiol*. 1999; 28(4): 215-219. doi: 10.1007/s002560050503
34. Herzog RJ, Kaiser JA, Saal JA, Saal JS. The importance of posterior epidural fat pad in lumbar central canal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991; 16(Suppl 6): S227-S233. doi: 10.1097/00007632-199106001-00010
35. Lee GY, Lee JW, Choi HS, Oh KJ, Kang HS. A new grading system of lumbar central canal stenosis on MRI: an easy and reliable method. *Skeletal Radiol*. 2011; 40(8): 1033-1039. doi: 10.1007/s00256-011-1102-x
36. Lee S, Lee JW, Yeom JS, Kim KJ, Kim HJ, Chung SK, et al. A practical MRI grading system for lumbar foraminal stenosis. *Am J Roentgenol*. 2010; 194(4): 1095-1098. doi: 10.2214/AJR.09.2772
37. Schönström N, Willén J. Imaging lumbar spinal stenosis. *Radiol Clin North Am*. 2001; 39(1): 31-v. doi: 10.1016/s0033-8389(05)70262-1
38. Verbiest H. *Sur certaines formes rares de compression de la queue de cheval: Homage a Clovis Vincent*. Paris: Malouie; 1949.
39. Andreisek G, Deyo RA, Jarvik JG, Porchet F, Winklhofer SF, Steurer J; LSOS working group. Consensus conference on core radiological parameters to describe lumbar stenosis – An initiative for structured reporting. *Eur Radiol*. 2014; 24(12): 3224-3232. doi: 10.1007/s00330-014-3346-z
40. Steurer J, Roner S, Gnannt R, Hodler J. LumbSten Research Collaboration. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: A systematic literature review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011; 12: 175. doi: 10.1186/1471-2474-12-175

41. Kunogi J, Hasue M. Diagnosis and operative treatment of intraforaminal and extraforaminal nerve root compression. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991; 16(11): 1312-1320. doi: 10.1097/00007632-199111000-00012
42. Ko YJ, Lee E, Lee JW, Park CY, Cho J, Kang Y, et al. Clinical validity of two different grading systems for lumbar central canal stenosis: Schizas and Lee classification systems. *PLoS One*. 2020; 15(5): e0233633. doi: 10.1371/journal.pone.0233633
43. Van Rijn JC, Klemetso N, Reitsma JB, Majoie CB, Hulsmans FJ, Peul WC, et al. Observer variation in MRI evaluation of patients suspected of lumbar disk herniation. *Am J Roentgenol*. 2005; 184: 299-303. doi: 10.2214/ajr.184.1.01840299
44. Choi KC, Kim JS, Jung B, Lee SH. Dynamic lumbar spinal stenosis: The usefulness of axial loaded MRI in preoperative evaluation. *J Korean Neurosurg Soc*. 2009; 46(3): 265-268. doi: 10.3340/jkns.2009.46.3.265
45. Brinjikji W, Luetmer PH, Comstock B, Bresnahan BW, Chen LE, Deyo RA, et al. Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *Am J Neuroradiol*. 2015; 36(4): 811-816. doi: 10.3174/ajnr.A4173
46. Lurie J, Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis. *BMJ*. 2016; 352: h6234. doi: 10.1136/bmj.h6234
47. Pfirrmann CW, Dora C, Schmid MR, Zanetti M, Hodler J, Boos N. MR image-based grading of lumbar nerve root compromise due to disk herniation: Reliability study with surgical correlation. *Radiology*. 2004; 230(2): 583-588. doi: 10.1148/radiol.2302021289
48. Miskin N, Isaac Z, Lu Y, Makhni MC, Sarno DL, Smith TR, et al. Simplified universal grading of lumbar spine MRI degenerative findings: Inter-reader agreement of non-radiologist spine experts. *Pain Med*. 2021; 22(7): 1485-1495. doi: 10.1093/pm/pnab098
49. Li J, Li H, Zhang N, Wang ZW, Zhao TF, Chen LW, et al. Radiographic and clinical outcome of lateral lumbar interbody fusion for extreme lumbar spinal stenosis of Schizas grade D: A retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020; 21(1): 259. doi: 10.1186/s12891-020-03282-6
50. Varghese B, Babu AC. An analysis on reliability of the lee and wildermuth magnetic resonance imaging grading systems for lumbar neural foraminal stenosis. *West Afr J Radiol*. 2017; 24: 8-13. doi: 10.4103/1115-3474.192750
51. Norimoto M, Eguchi Y, Kanamoto H, Oikawa Y, Matsumoto K, Masuda Y, et al. Diffusion tensor imaging of the spinal canal in quantitative assessment of patients with lumbar spinal canal stenosis. *Asian Spine J*. 2021; 15(2): 207-215. doi: 10.31616/asj.2020.0026
52. Barz T, Melloh M, Staub LP, Lord SJ, Lange J, Röder CP, et al. Nerve root sedimentation sign: Evaluation of a new radiological sign in lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35(8): 892-897. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181c7cf4b
53. Balza R, Mercaldo SF, Chang CY, Huang AJ, Hussein JS, Kheterpal AB, et al. Impact of patient-reported symptom information on agreement in the MRI diagnosis of presumptive lumbar spine pain generator. *Am J Roentgenol*. 2021; 217(4): 947-956. doi: 10.2214/AJR.20.25210

#### Сведения об авторах

**Малаханов Владлен Александрович** – кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1», e-mail: malakhanow@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7359-0019>

**Селиверстов Павел Владимирович** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ОГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: pavv2001@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4050-9157>

**Медведникова Написат Шамсутдиновна** – врач-рентгенолог, ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1», e-mail: napisat@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1120-0435>

**Куприянов Андрей Владимирович** – врач-рентгенолог, ОГАУЗ «Иркутский областной клинический консультативно-диагностический центр», e-mail: xrayer.ac@gmail.com

#### Information about the authors

**Vladlen A. Malakhanov** – Cand. Sc. (Med.), Radiologist, Irkutsk Clinical Hospital No. 1, e-mail: malakhanow@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7359-0019>

**Pavel V. Seliverstov** – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: pavv2001@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4050-9157>

**Napisat Sh. Medvednikova** – Radiologist, Irkutsk Clinical Hospital No. 1, e-mail: napisat@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1120-0435>

**Andrey V. Kupriyanov** – Radiologist, Irkutsk Regional Clinical Consulting and Diagnostic Center, e-mail: xrayer.ac@gmail.com

#### Вклад авторов

Малаханов В.А. – обзор литературы, поиск литературных источников, обработка, анализ и написание текста.

Селиверстов П.В. – разработка дизайна исследования, определение цели и задач исследования, научное редактирование, утверждение рукописи для публикации.

Медведникова Н.Ш. – поиск литературных источников, анализ, обработка, научное редактирование и написание текста.

Куприянов А.В. – анализ, обработка, научное редактирование и написание текста.