

Научная статья / Original article

УДК 616.073

<https://doi.org/>

## ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ СПЕЦИАЛИСТОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА L5-S1

Кирилл Олегович Кузьминов<sup>1,2</sup>, Сергей Петрович Канаев<sup>1,2</sup>, Алексей Иванович Толстопятов<sup>2</sup>,  
Алиса Евгеньевна Донцова<sup>2</sup>, Дмитрий Александрович Болотов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

<sup>2</sup> Филиал ГКБ №67 ГБУЗ «Центр мануальной терапии» ДЗ г. Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

В статье проведено подробное описание использования методики ультразвуковой диагностики позвоночника, на примере межпозвонкового диска L5–S1. Проведена оценка воспроизводимости и достоверного определения дегенеративных признаков структуры четырех показателей диска (неоднородность пульпозного ядра, истончение фиброзного кольца, снижение высоты межпозвонкового диска, разрыв/повреждение/«трещина» фиброзного кольца) на основании согласованности врачей УЗ-диагностики и использованием статистических расчетов с помощью критерия  $\kappa$  (каппа Коэна – Cohen's kappa).

**Ключевые слова:** межпозвонковый диск, пульпозное ядро, фиброзное кольцо, критерий каппа, ультразвуковая диагностика

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кузьминов К.О. – <https://orcid.org/0000-0002-1168-6138>, kko.72@mail.ru

Канаев С.П. – <https://orcid.org/0000-0002-3096-1123>, kanaev\_s@rambler.ru

Толстопятов А.И. – <https://orcid.org/0009-0002-0317-4164>, militarzt82@mail.ru

Донцова А.Е. – <https://orcid.org/0009-0002-0317-4164>, alisa6767@list.ru

Болотов Д.А. – <https://orcid.org/0000-0001-8999-2672>, father67@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку: Кирилл Олегович Кузьминов, kko.72@mail.ru

## ASSESSING THE AGREEMENT BETWEEN SPECIALISTS IN ULTRASOUND DIAGNOSTICS OF DEGENERATIVE CHANGES IN THE L5-S1 INTERVERTEBRAL DISC

Kirill O. Kuzminov<sup>1,2</sup>, Sergey P. Kanaev<sup>1,2</sup>, Aleksey I. Tolstopyatov<sup>2</sup>, Alisa E. Dontsova<sup>2</sup>, Dmitry A. Bolotov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> A Branch of City Clinical Hospital No.67 - The Manual Therapy Center of the Department of Health of the City of Moscow, Moscow, Russia

### ABSTRACT

The article provides a detailed description of the application of techniques of ultrasound diagnostics of the spine using the L5-S1 intervertebral disc as an example. An assessment was made of the reproducibility and reliable determination of degenerative signs of the structure of the disc four indicators (heterogeneity of the nucleus pulposus, thinning of the fibrous ring, decrease in the height of the intervertebral disc, rupture/damage/»fissure» of the fibrous ring) based on the agreement of ultrasound diagnostic doctors and the application of statistical calculations using the  $\kappa$  criterion (Cohen's kappa).

**Keywords:** intervertebral disc, nucleus pulposus, annulus fibrosus, kappa criterion, ultrasound diagnostics

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Kuzminov K.O. – <https://orcid.org/0000-0002-1168-6138>, kko.72@mail.ru

Kanaev S.P. – <https://orcid.org/0000-0002-3096-1123>, kanaev\_s@rambler.ru  
Tolstopyatov A.I. – <https://orcid.org/0009-0002-0317-4164>, militarzt82@mail.ru  
Dontsova A.E. – <https://orcid.org/0009-0002-0317-4164>, alisa6767@list.ru  
Bolotov D.A. – <https://orcid.org/0000-0001-8999-2672>, father67@yandex.ru  
Corresponding author: Kirill O. Kuzminov, kko.72@mail.ru

Последствия дегенерации межпозвонкового диска (МПД) являются одной из основных причин развития болевых синдромов, в том числе на примере хронической боли в пояснице [5,10]. Каскад дегенеративных процессов часто инициируется дисбалансом между катаболическими и анаболическими процессами в МПД и окружающих тканях. В результате деградации внеклеточного матрикса происходят неиннервация и неоваскуляризация в веществе диска. И в конечном итоге этот дегенеративный процесс приводит к выбуханию части МПД, дегидратации пульпозного ядра (ПЯ) с последующей потерей высоты диска [10,18].

Понимание патофизиологии дегенеративных заболеваний МПД важно как для совершенствования существующих технологий, так и для перспектив в разработке инновационных методов возможного (частичного) обращения вспять дегенеративных процессов в дисках [6].

Дегенеративные изменения обычно обнаруживаются при визуализации позвоночника. Не секрет, что подобная картина на магнитно-резонансных изображениях часто имеет место как у людей без боли в спине, так и у людей с болями. Необходимо понимать, что при визуализации дегенеративные процессы позвоночника у большого количества «бессимптомных» людей с возрастом увеличиваются. Многие дегенеративные признаки чаще всего являются этапом естественного старения и не связаны с болью. Безусловно, любые данные визуализации следует интерпретировать в контексте клинического состояния пациента [4,6,8].

На сегодняшний день системы оценки дегенерации диска основаны на современной магнитно-резонансной томографии (МРТ) и соответствующих исследованиях воспроизводимости [16,17]. В настоящее время такие данные изучены на основании разработанного диагностического алгоритма и оптимизированы на основе анализа поясничных T2-взвешенных МР-изображений [15]. Существуют наиболее точные оценки вариантов дегенерации диска на рутинных T2-взвешенных магнитно-резонансных изображениях [13-15].

Изменения по Modic соотносятся к дегенеративным изменениям МПД и имеют три, как правило, взаимоконвертируемых типа, представляя разные стадии одного и того же патологического процесса, который характеризуется следующими признаками [14]:

I – воспаление, сопровождающееся снижением интенсивности МР-сигнала на T1-взвешенных изображениях и увеличением интенсивности МР-сигнала в T2-режиме;

II – структурные изменения костной ткани в виде жировой инфильтрации, сопровождающиеся повышением МР-сигналов в T1- и T2-взвешенных изображениях;

III – фиброз, склерозирование МПД (МР-сигналы низкоинтенсивные в T1- и T2-взвешенных изображениях).

Модель заболевания по Модик считается индикатором с высокой чувствительностью и подразумевает повреждение диска/замыкательной пластинки и сохранение воспалительного раздражителя (например, скрытый дисцит или аутоиммунный ответ на повреждение диска) [8].

Наряду с высокоинформативным методом МРТ также были предложены методики количественной оценки хрящевой ткани МПД при ультрасонографии [1,2,17]. Получение количественных данных об отражении ультразвукового сигнала от структур хрящевой ткани, сопоставимых у различных больных, достаточно сложен, поскольку уровень отражения определяется не только свойствами ткани, но и условиями проведения исследования. Объективность УЗ-диагностики, надежность ее результатов, интерпретация УЗ-изображений зависят от ряда

факторов и характеристик объекта (анатомические особенности позвоночного столба, пространственного расположения позвоночно-двигательных сегментов (ПДС), конституциональные особенности пациента), опыта и квалификации эксперта (врач УЗ-диагностики) [2,19].

Сегодня отмечается значительный прогресс и качественное усовершенствование УЗ-диагностики, что позволяет врачу-диагносту максимально точно проследить структурные особенности не только паренхиматозных органов, но и костно-мышечную систему и хрящевую ткань, включая параметры межпозвоковых дисков [1–4,11,17].

Ранее нами проводилось УЗ-исследование отдельных ПДС и параметров МПД шейного и поясничного отделов позвоночника, подтверждающее надёжность метода УЗ-диагностики позвоночника [3]. Но предыдущее исследование проводилось на небольшой выборке пациентов, носило экспериментальный и несистемный характер. Стоит упомянуть, что существующие трудности в корректной диагностике и интерпретации T2-взвешенных МР-изображений МПД требуют большей детализации и уточнения характера изменений структур МПД, характерных для разных стадий дегенерации. Несмотря на высокую чувствительность, формирование картины «темного диска» на T2-взвешенных изображениях, изменения имеют низкую специфичность [18]. Поэтому актуальность получаемых нами УЗ-данных приобретает новое значение в свете использования статистической модели и оценки критерия  $\kappa$  (каппы – Cohen's kappa). Нынешнее наше исследование проведено не столько для подтверждения воспроизводимости метода УЗИ позвоночника, но и для выделения значимых, на наш взгляд, четырех его параметров, при условии согласованности между двумя наблюдателями – врачами УЗ-диагностики.

Причины проведения исследования:

- некорректная оценка структуры МПД;
- гипо-/гипердиагностика участков повреждения фиброзного кольца (ФК);
- сложности в дифференцировке участка грыжи диска с иными процессами (эпидуральный отек, гематома, фиброз/кальциноз, дисцит и др.).

## УСЛОВИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Оценка критерия  $\kappa$  (каппа-статистики) в оценке непараметрических данных УЗ-исследования (структура ПЯ, изменения ФК, наличие повреждения/разрыва ФК, высота МПД).

2. При проведении УЗ-исследования врачи-эксперты не обмениваются информацией, выполняя условия «слепого исследования». При завершении диагностики в ограниченной выборке больных и заполнении протоколов данные по оценке согласованности результатов анализировались третьим участником с использованием статистики критерия  $\kappa$ .

3. Оценка УЗ-признаков проводится по отработанной методике исследования МПД, согласно стандартной подготовке УЗ-специалистов по диагностике патологии костно-мышечной системы.

Возможность использования улучшенных процессов ультразвуковой визуализации предполагает объективнее и точнее оценивать результаты исследования на примере поясничного отдела позвоночника [2,11,17,19]. Представляется актуальным проведение УЗ-исследования структурно-морфологических процессов МПД методом согласованной оценки врачей, экспертов с опытом использования в практике методики УЗ-диагностики поясничного отдела позвоночника. В связи с наибольшей частотой дегенеративного поражения в популяции МПД L5-S1, последний был выбран нами в качестве объекта исследования.

**Цель исследования:** объективизация воспроизводимости метода УЗ-диагностики при исследовании структуры пульпозного ядра, фиброзного кольца МПД L5-S1 (четыре показателя), на основании согласованности врачей (экспертов).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе филиала 67-й ГКБ им. Ворохобова, Центра мануальной терапии ДЗМ, в период с 2021 по 2023 гг., двумя врачами-экспертами – специалистами по УЗ-диагностике. Врачи проводили УЗ-исследование поясничного отдела позвоночника по предварительному согласию у одних и тех же пациентов, каждый в своем кабинете. Данные тестирования (наличие – да / отсутствие – нет УЗ-признака) заносились в заранее подготовленный протокол (пример протокола – таблица 1). Обсуждение результатов диагностики врачами проводилось только в подготовительный (тренировочный) период. Во время проведения самого исследования специалисты УЗ-диагностики информацией о своих результатах не обменивались. При завершении диагностики в ограниченной выборке больных и заполнении протоколов данные передавались третьему участнику, который проводил оценку согласованности полученных данных исследователями, применяя статистику  $\kappa$  (Cohen's kappa) [9].

Таблица 1

**ПРИМЕР ВАРИАНТОВ СОГЛАСОВАННОСТИ (n=4)**

Протокол, исследователь	1	2	3	4
Исследователь 1	да	нет	нет	да
Исследователь 2	да	нет	да	нет

УЗ-исследование поясничного отдела позвоночника проводилось в положении больного лежа на спине, натошак, через переднюю брюшную стенку. Была проведена подробная оценка структуры МПД L5–S1 в сагиттальной и горизонтальной проекции [2,3,11]. Опыт при проведении данного обследования составлял более 10 лет у каждого из врачей, работающих в одном медицинском учреждении (ЦМТ), но в разных кабинетах на идентичных по классу УЗ-приборах.

Исследование было проведено 94 пациентам в возрасте от 20 до 65 лет. Пациенты – 37 мужчин и 57 женщин, сопоставимых по возрасту и полу, со спондилогенными болевыми синдромами поясничной локализации различной давности. При этом у всех отмечались те или иные изменения структуры МПД L5–S1.

С целью стандартизации метода был проведен тренировочный период, который занял у нас 10 рабочих дней. Сроки развития и течения заболевания у пациентов различались от нескольких дней (дебют) до 15 лет.

Предварительно 52 пациента прошли МРТ-исследование поясничного отдела позвоночника с целью верификации выявленных структурных изменений, что позволило нам сопоставить полученные данные с УЗИ.

В процессе исследования производилась оценка четырех УЗ-признаков (тестов), структурно наиболее изменчивых и отражающих степень дегенерации МПД, с использованием дихотомического принципа (да/нет):

- I тест – неоднородность/перемещение ПЯ.
- II тест – истончение ФК.
- III тест – разрыв/повреждение/«трещина» ФК.
- IV тест – снижение высоты МПД.

Тест расценивался как «позитивный», если врач-эксперт выявлял определенный признак в исследованном МПД. Если структурных изменений по каждому из признаков отмечено не было, то тест расценивался как «негативный».

**Критерии включения:** любые пациенты с различным болевым синдромом в области поясничного отдела позвоночника разной давности и предполагаемыми УЗ-признаками структурных изменений МПД L5-S1.

**Критерии исключения:** пациенты, по разным причинам отказавшиеся от исследования, пациенты с сопутствующими заболеваниями (туберкулез, психические заболевания, онкологические заболевания и пр.).

Порядок проведения исследования:

Для расчета критерия **к** полученные данные заносились в «ячейки» **a, b, c, d** контингентной таблицы.

Значения ячеек в табл. 2:

**a** – число случаев, когда оба исследователя согласованно выявили наличие симптома;

**d** – число случаев, когда оба специалиста установили отсутствие признака;

**b** – число случаев, когда исследователь **A** не выявил патологических изменений, а исследователь **B** – выявил;

**c** – число, отражающее случаи, когда исследователь **A** выявил патологический признак, а исследователь **B** – не выявил.

Первый врач (исследователь А), обследуя больного, проводил УЗ-исследование заданных параметров и заносил данные (наличие/отсутствие УЗ-признака) в свои протоколы (4 протокола на каждый УЗ-признак). Второй врач (исследователь Б), обследуя того же больного, проводил то же УЗ-исследование и заносил данные (наличие/отсутствие УЗ-признака) в свои 4 протокола, также по каждому признаку.

Таблица 2

**МАТРИЦА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ РАСЧЕТА СТАТИСТИКИ К**

		Исследователь 1 (А)	
		Да	Нет
Исследователь 2 (Б)	Да	a	b
	Нет	c	d

По завершении исследования, когда были осмотрены все больные, врачи УЗ-диагностики, не сверяя полученных данных, отдавали протоколы третьему участнику (исследователю В), проводящему статистическую обработку полученного материала [3,11].

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

В представленных таблицах рассчитаны четыре УЗ-признака МПД L5-S1. При этом каждое исследование проводилось в сагиттальной и фронтальной плоскостях с параллельной оценкой окружающих диск тканей и структур (связочный аппарат, эпидуральная клетчатка, позвоночный канал).

Таблица 3

**ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ УЗ-ПРИЗНАКОВ НЕОДНОРОДНОСТИ/ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПЯ (n=94)**

Неоднородность/перемещение ПЯ		Исследователь 1		
		Да	Нет	
Исследователь 2	Да	<b>a</b> да/да – 32	<b>b</b> да/нет – 12	<b>44</b>
	Нет	<b>c</b> нет/да – 14	<b>d</b> нет/нет – 36	50
		46	48	94

Расчет общей согласованности исследователей (overall agreement)  $P_o$  выполнялся по следующей формуле:

$$P_o = \frac{a+d}{n}, \text{ n – число тестов, проведенных каждым исследователем (n=94).}$$

$$P_o = \frac{a+d}{n} = 32+36/94 = 0,72;$$

т.е. общая согласованность мнений участников исследования составила 72%.

Расчет ожидаемой согласованности  $P_c$  проводился по формуле:

$$P_c = \frac{a+b}{n} \times \frac{a+c}{n} \times \frac{c+d}{n} \times \frac{b+d}{n}.$$

$$P_c = \frac{32+12}{94} \times \frac{32+14}{94} \times \frac{14+36}{94} \times \frac{12+36}{94} = 0,06.$$

Критерий  $\kappa$  рассчитывали по формуле:

$$\kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c}$$

В нашем примере значение критерия (статистики) составило:

$$\kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} = \frac{0,72 - 0,06}{1 - 0,06} = 0,66$$

Полученное значение критерия  $\kappa$  (эмпирическое) сопоставляли с рядами критических значений по следующему правилу (см. табл. 4, разработанную Landis и Koch в 1977 г.) [12].

Таблица 4

#### КРИТИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ СТАТИСТИКИ $\kappa$ (каппа)

Диапазон значений	Согласованность – уровень достоверности	
Менее 0,00	Недостаточное	Poor
0,00–0,20	Незначительное	Slight
0,21–0,40	Удовлетворительное	Fair
0,41–0,60	Умеренное	Moderate
0,61–0,80	Значимое	Substantial
0,81–1,00	Точное	Almost perfect

#### Определения:

$P_o$  = наблюдаемая пропорция согласованности (observed proportion of agreement).

$P_c$  = ожидаемая случайно, пропорция согласованности (proportion of agreement, expected by chance).

$P$  = (распространенность) prevalence.

$\kappa$  = (каппа) коэффициент согласованности (coefficient of agreement, corrected for the chance).

Таблица 5

**ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ УЗ-ПРИЗНАКОВ ИСТОНЧЕНИЯ ФК (N=94)**

Истончение ФК		Исследователь 1		
		Да	Нет	
Исследователь 2	Да	<b>a</b> да/да - 57	<b>b</b> да/нет - 11	<b>68</b>
	Нет	<b>c</b> нет/да - 17	<b>d</b> нет/нет - 9	26
		74	20	94

$P_0 = 0,7$  (общая согласованность 70%);  $P_c = 0,03$ ;  $\kappa = 0,69$ .

Таблица 6

**ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ УЗ-ПРИЗНАКОВ РАЗРЫВА/ПОВРЕЖДЕНИЯ ФК (N= 94)**

Разрыв/повреждение ФК		Исследователь 1		
		Да	Нет	
Исследователь 2	Да	<b>a</b> да/да - 17	<b>b</b> да/нет - 19	<b>36</b>
	Нет	<b>c</b> нет/да - 23	<b>d</b> нет/нет - 35	<b>58</b>
		40	54	94

$P_0 = 0,55$  (общая согласованность 55%);  $P_c = 0,06$ ;  $\kappa = 0,5$ .

Таблица 7

**ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ УЗ-ПРИЗНАКОВ СНИЖЕНИЯ ВЫСОТЫ МПД (n= 94)**

Истончение ФК		Исследователь 1		
		Да	Нет	
Исследователь 2	Да	<b>a</b> да/да - 39	<b>b</b> да/нет - 7	<b>46</b>
	Нет	<b>c</b> нет/да - 12	<b>d</b> нет/нет - 36	<b>48</b>
		51	43	94

$P_0 = 0,79$  (общая согласованность 79%);  $P_c = 0,06$ ;  $\kappa = 0,78$ .

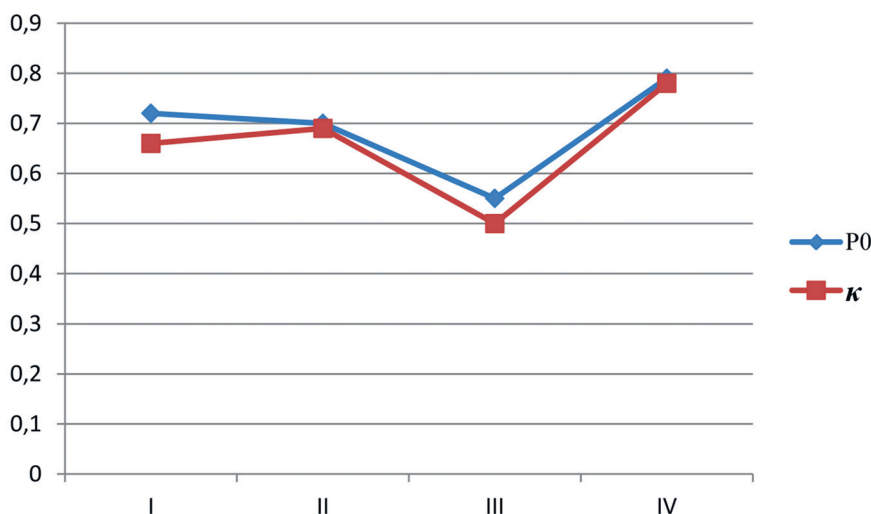
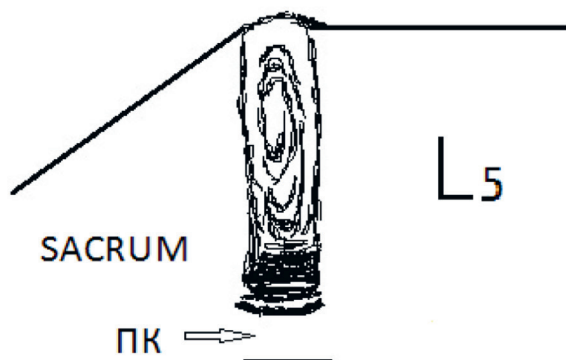
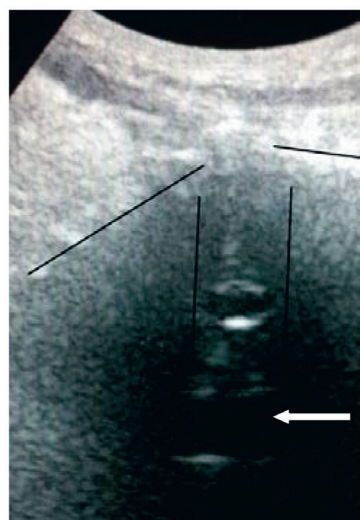


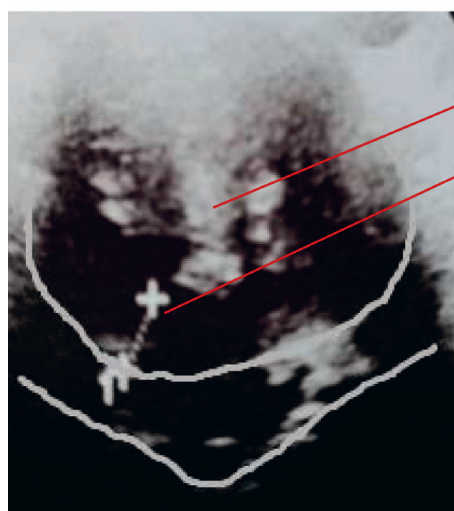
График 1. Сравнение данных общей согласованности и коэффициента согласованности  $\kappa$  для всех четырех УЗ-признаков

Полученные показатели согласованности на достаточно большой выборке пациентов в нашем исследовании выявили несколько закономерностей. Наиболее точный и анатомически устойчивый признак в виде снижения высоты МПД имел значимый показатель среди экспертов ( $k = 0,78$ ), по сравнению с другими четырьмя, что подтверждает эффективность УЗ-диагностики как достаточно эффективного и практичного скрининг-метода диагностики.

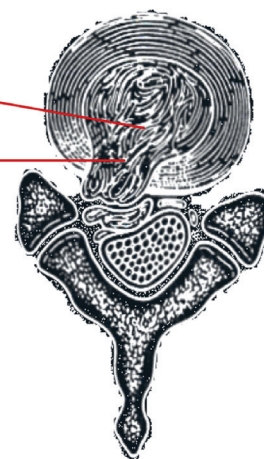


ПК – позвоночный канал

УЗ-изображение и рисунок МПД L5-S1-1 (сагиттальная проекция)



Неоднородность  
(разрушение)/перемещение ПЯ  
Истончение/повреждение/разрыв  
ФК с образованием грыжи



УЗ-изображение и рисунок МПД L5-S1 – 2 (фронтальная проекция)

Выявление УЗ-признаков разрыва/повреждения/«трещины» ФК, не такой уж частый дегенеративный признак МПД. Результаты согласованности по этому показателю у УЗ-исследователей соответствовали  $k = 0,5$  (уровень достоверности – умеренный). Притом, что образование структурных и анатомических особенностей участков повреждения ФК (разные формы разрывов, локальный или обширный участок повреждения/«трещины», давность процесса и др.) требуют детальной оценки. Это связано с регистрацией сигналов различной степени эхогенности и интенсивности со структур ПЯ и ФК. Причиной таких различий мы видим



в фазе и степени выраженности воспалительных процессов в МПД, по аналогии с изменениями типа Modic I,II. То есть наличие выраженного гипоэхогенного сигнала с заднего контура ФК при «свежем» повреждении отличим от гиперэхогенного сигнала с ПЯ (рис. 2). И, наоборот, гиперэхогенные включения ФК в месте «старого» разрыва свидетельствуют о начале фибротизации и резорбтивных процессов в МПД, соответствующих изменениям типа Modic III. Данные наблюдения важны в динамике, с целью уточнения и определения последующего терапевтического подхода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изученные изменения МПД методом УЗИ, вероятно, являются чем-то большим, чем просто выбором методики, ее воспроизводимости, надежностью оценки согласованности между экспертами. В данном случае, это результат объективизации дегенеративных процессов у пациентов с болью в нижней части спины на примере МПД L5–S1, как наиболее подверженного дегенеративно-дистрофическим изменениям диска в популяции. Выявляемые доказанные изменения в структуре МПД, представляют собой основную патологию, которая должна быть мишенью для терапии. Применение ультразвуковых методов позволяет детально визуализировать изменения структуры МПД (проекцию и размеры участков повреждений/трещин/разрывов ФК). Определение давности процессов повреждения/разрывов ФК, фазы воспалительных процессов в МПД, описываемых при наличии т.н. «трещин», задача последующих исследований, с целью улучшения описания выявляемых патологических изменений диска, что важно в организации единого диагностического подхода и выбранной тактики лечения.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вдовиченко В.А. Эхографическая видеоденситометрия межпозвонковых дисков в комплексной лучевой диагностике остеохондроза позвоночника : автореферат дис. ... канд. мед. наук. Казань, 2001. С. 22.
2. Кинзерский А.Ю., Медведев Д.В., Бурулев А.Л. Ультрасонография позвоночника. Челябинск: «Иероглиф», 2001. 164 с.
3. Кузьминов К.О., Бахтадзе М.А. Лаушкин С.И. Воспроизводимость ультразвуковой диагностики позвоночника у пациентов с болевым синдромом в шее и пояснице: опыт применения каппа-статистики // Мануальная терапия. 2012. № 1(45). С. 48–55.
4. Макина С.К., Дробышев В.А. Сравнительные характеристики ультразвуковой диагностики межпозвонковых дисков в реабилитации больных с пояснично-крестцовой дорсопатией // Медицина и образование в Сибири. 2013. № 3.
5. Ситель А.Б., Кузьминов К.О., Канаев С.П., Никонов С.В., Беляков В.В. Компрессионные синдромы при диско-радикулярном конфликте у больных с поражением межпозвонкового диска // Ж. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2009. №6. С. 24–26.
6. Brinjikji W., Luetmer P.H., Comstock B., Bresnahan B.W., Chen L.E., Deyo R.A., Halabi S., Turner J.A., Avins A.L., James K., Wald J.T., Kallmes D.F., Jarvik J.G. Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations // *Am J Neuroradiol.* 2015 Apr;36(4):811-6. doi: 10.3174/ajnr.A4173.
7. Carpentier M., Combescure C., Merlini L., Perneger T.V. Kappa statistic to measure agreement beyond chance in free-response assessments // *BMC Med Res Methodol.* 2017 Apr 19;17(1):62. doi: 10.1186/s12874-017-0340-6.
8. Dudli S., Fields A.J., Samartzis D., Karppinen J., Lotz J.C. Pathobiology of Modic changes // *Eur Spine. J.* 2016 Nov;25(11):3723-3734. doi: 10.1007/s00586-016-4459-7.
9. Haas M. How to evaluate intra-examiner reliability using an intra-examiner reliability study design // *JMPT.* 1995. Vol. 18(1). P. 10–15.
10. Kirnaz S., Capadona C., Wong T., Goldberg J.L., Medary B., Sommer F., McGrath L.B. Jr, Härtl R. Fundamentals of Intervertebral Disc Degeneration // *World Neurosurg.* 2022 Jan;157:264-273. doi: 10.1016/j.wneu.2021.09.066.
11. Kuzminov K.O., Bakhtadze M.A., Laushkin S.I. Ultrasound studies of some lumbar spine structures // Proceedings material of FIMM International Academy Conference, Amsterdam, 2010.
12. Landis J.R., Koch G.G. The measurement of observer agreement for categorical data // *Biometrics.* 1977. Vol. 33. P. 159–174.

13. Milette P.C., Fontaine S., Lepanto L., et al. Differentiating lumbar disc protrusions, disc bulges, and discs with normal contour but abnormal signal intensity // *Spine* 1999;24:44–53.
14. Modic M.T. Degenerative disorders of the spine. In: *Magnetic resonance imaging of the spine*. New York: Yearbook Medical, 1989: 83–95.
15. Pfirrmann C.W., Metzdorf A., Zanetti M., et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration // *Spine* 2001;26:1873–8.
16. Schellhas K.P., Pollei S.R., Gundry C.R., et al. Lumbar disc high intensity zone. Correlation of magnetic resonance imaging and discography // *Spine* 1996;21:79–86.
17. Tervonen O., Lahde S., Vanharanta H. Ultrasound diagnosis of lumbar disc degeneration. Comparison with computed tomography/discography // *Spine*. 16(8):951-4, 1991 Aug.
18. Zhang Y.G., Guo T.M., Guo X., Wu S.X. Clinical diagnosis for discogenic low back pain // *Int.J.Biol.Sci.* 2009. Vol. 5, N7. P. 647–658.
19. Yrjämä M., Tervonen O., Vanharanta H. Ultrasonic imaging of lumbar discs combined with vibration pain provocation compared with discography in the diagnosis of internal annular fissures of the lumbar spine // *Spine*. 1996. Vol. 21, N5. P. 571–575.

## REFERENCES

1. Vdovichenko VA. Echographic videodensitometry of intervertebral discs in complex X-ray diagnostics of spinal osteochondrosis. Cand. Sci. (Med.) Thesis. Kazan; 2021:22. (In Russ.)
2. Kinzersky AYu, Medvedev DV, Burulev AL. Ultrasonography of the spine. Chelyabinsk: Ieroglif Publishing House; 2001. 164 p. (In Russ.)
3. Kuzminov KO, Bakhtadze MA, Laushkin SI. The reproducibility of ultrasound diagnostics of the spine in patients with cervical and lumbar pain syndrome: the experience of kappa-statistics application. *Manualnaya Terapiya = Manual Therapy*. 2012;1(45):48-55. (In Russ.)
4. Makina SK, Drobyshev VA. Comparative characteristics of intervertebral disc ultrasonography in the rehabilitation of patients with lumbosacral dorsopathy. *Meditsina i Obrazovanie v Sibiri = Medicine and Education in Siberia*. 2013;3. (In Russ.)
5. Sitel AB, Kuzminov KO, Kanaev SP, Nikonov SV, Belyakov VV. Compression syndromes in disco-radicular conflict in patients with intervertebral disc lesions. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova = S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2009;6:24-26. (In Russ.)
6. Brinjikji W, Luetmer PH, Comstock B, Bresnahan BW, Chen LE, Deyo RA, Halabi S, Turner JA, Avins AL, James K, Wald JT, Kallmes DF, Jarvik JG. Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *Am J Neuroradiol*. 2015 Apr;36(4):811-6. DOI: 10.3174/ajnr.A4173
7. Carpentier M, Combescure C, Merlini L, Perneger TV. Kappa statistic to measure agreement beyond chance in free-response assessments. *BMC Med Res Methodol*. 2017 Apr 19;17(1):62. DOI: 10.1186/s12874-017-0340-6
8. Dudli S, Fields AJ, Samartzis D, Karppinen J, Lotz JC. Pathobiology of Modic changes. *Eur Spine J*. 2016 Nov;25(11):3723-3734. DOI: 10.1007/s00586-016-4459-7
9. Haas M. How to evaluate intra-examiner reliability using an intra-examiner reliability study design. *JMPT*. 1995;18(1):10-15.
10. Kirnaz S, Capadona C, Wong T, Goldberg JL, Medary B, Sommer F, McGrath LB Jr, Härtl R. Fundamentals of Intervertebral Disc Degeneration. *World Neurosurg*. 2022 Jan;157:264-273. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.09.066
11. Kuzminov KO, Bakhtadze MA, Laushkin SI. Ultrasound studies of some lumbar spine structures. Proceedings of FIMM International Academy Conference. Amsterdam; 2010.
12. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33:159-174.
13. Milette PC, Fontaine S, Lepanto L, et al. Differentiating lumbar disc protrusions, disc bulges, and discs with normal contour but abnormal signal intensity. *Spine*. 1999;24:44–53.
14. Modic MT. Degenerative disorders of the spine. In: *Magnetic resonance imaging of the spine*. New York: Yearbook Medical, 1989:83–95.
15. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine*. 2001;26:1873–8.
16. Schellhas KP, Pollei SR, Gundry CR, et al. Lumbar disc high intensity zone. Correlation of magnetic resonance imaging and discography. *Spine*. 1996;21:79–86.
17. Tervonen O, Lahde S, Vanharanta H. Ultrasound diagnosis of lumbar disc degeneration. Comparison with computed tomography/discography. *Spine*. 1991 Aug;16(8):951-4.

18. Zhang YG, Guo TM, Guo X, Wu SX. Clinical diagnosis for discogenic low back pain. *Int. J. Biol. Sci.* 2009;5(7):647–658.
19. Yrjämä M, Tervonen O, Vanharanta H. Ultrasonic imaging of lumbar discs combined with vibration pain provocation compared with discography in the diagnosis of internal annular fissures of the lumbar spine. *Spine.* 1996;21(5):571-575.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interest.*

---

Статья поступила / The article received: 23.12.2023

Статья принята к печати / The article approved for publication: 12.01.2024