

УДК 616.833.2-008.6

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024123355-364>

Клинико-нейрофизиологические характеристики пациентов с компрессионными радикулопатиями

И. А. Баринава [✉], Р. А. Зорин, И. В. Харламов, В. А. Жаднов

¹ Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Рязань, Российская Федерация

² Городская клиническая больница скорой медицинской помощи, Рязань, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Баринава Ирина Александровна, barinova-irina-a2@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Клинические проявления компрессионных вертеброгенных радикулопатий включают болевые расстройства. Это обуславливает необходимость комплексного параметрирования отдельных компонентов болевого синдрома и выявления соответствующих клинико-функциональных корреляций.

Цель. Комплексная клинико-нейрофизиологическая характеристика пациентов с различной эффективностью консервативного лечения компрессионных вертеброгенных радикулопатий L5 и S1.

Материалы и методы. В открытое проспективное исследование включено 61 пациент. На основе динамики болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) боли через 3 недели и 3 месяца методом кластерного анализа пациенты разделены на группы с незначительной динамикой боли на фоне консервативного лечения (группа 1 — 32 пациента) и значительным регрессом боли (группа 2 — 29 пациентов). Пациентам выполнена регистрация эндогенного вызванного потенциала условно-негативного отклонения (англ.: *contingent negative variation*, CNV), соматосенсорных вызванных потенциалов, поздних электронейромиографических ответов, исследование вариабельности сердечного ритма (ВСР).

Результаты. В группе пациентов 1 выявлена более высокая амплитуда CNV, мощности колебаний ВСР в спектре HF, меньшая амплитуда F-ответа на стороне поражения. Выявлены прямые корреляции амплитуды CNV и VLF ВСР и ВАШ в 1 день визита, отрицательные корреляции амплитуды соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) и ВАШ через 3 месяца. В группе пациентов 2 выявлены прямые корреляции амплитуды ССВП, стресс индекса и амплитуды F-ответа с уровня ВАШ в 1 день визита, а также корреляция вариабельности сердечного ритма и ВАШ на 3 месяц после лечения.

Создана модель логит-регрессионного анализа, позволяющая с высокой чувствительностью распределять пациентов в группу с высокой эффективностью лечения; независимыми факторами в данной модели являлась амплитуда CNV и нормированный показатель HF ВСР.

Выводы. Коррелятами интенсивности болевого синдрома в острый период является выраженность надсегментарных и симпатических вегетативных влияний, мощность специфической соматосенсорной афферентации, высокий уровень готовности к моторному ответу; при этом предикторами уменьшения болевого синдрома является исходно высокий уровень специфической соматосенсорной афферентации.

Ключевые слова: компрессионные вертеброгенные радикулопатии; консервативное лечение; условно-негативное отклонение; поздние электромиографические ответы; вариабельности сердечного ритма; логит-регрессионный анализ

Для цитирования:

Баринава И. А., Зорин Р. А., Харламов И. В., Жаднов В. А. Клинико-нейрофизиологические характеристики пациентов с компрессионными радикулопатиями // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2024. Т. 12, № 3. С. 355–364. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024123355-364>.

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024123355-364>

Clinical and Neurophysiological Characteristics of Patients with Compressive Radiculopathies

Irina A. Barinova , Roman A. Zorin, Igor' V. Kharlamov, Vladimir A. Zhadnov

¹ Ryazan Medical State University, Ryazan, Russian Federation

² City Clinical Hospital of emergency Medical Care, Ryazan, Russian Federation

Corresponding author: Irina A. Barinova, barinova-irina-a2@yandex.ru

ABSTRACT

INTRODUCTION: Clinical manifestations of compressive vertebrogenic radiculopathies include pain disorders. This necessitates complex parameterization of individual components of pain syndrome and identification of the respective clinical and functional correlations.

AIM: Comprehensive clinical and neurophysiological characteristics of patients with different effectiveness of conservative treatment of L5 and S1 vertebrogenic radiculopathy.

MATERIALS AND METHODS: The open prospective study included 61 patients. Based on the dynamics of pain syndrome on the visual-analog pain scale (VAS) at 3 weeks and 3 months, using cluster analysis, the patients were divided into groups with insignificant pain dynamics with conservative treatment (group 1 — 32 patients) and with significant pain regression (group 2 — 29 patients). In the patients, endogenous evoked potential of the contingent negative variation (CNV), somatosensory evoked potentials, late electroneuromyographic responses were recorded, and heart rate variability (HRV) was studied.

RESULTS: In group 1, a higher CNV amplitude, higher HRV oscillation amplitude in the HF spectrum, and a lower amplitude of F-response on the affected side were revealed. There were found direct correlations between the CNV amplitudes and VLF HRV and VAS on day 1 of the visit, and negative correlations between the amplitude of somatosensory evoked potentials (SSEP) and VAS at 3 months. In group 2, direct correlations were found between the SSEP amplitude, stress index, and F-response from the VAS level on day 1 of the visit, as well as a correlation between heart rate variability and VAS on month 3 after treatment. A logit regression analysis model was created that permitted a highly sensitive distribution of patients into a group with high treatment effectiveness; the independent factors in this model were the CNV amplitude and the normalized HF HRV index.

CONCLUSIONS: Correlates of the intensity of pain syndrome in the acute period are the severity of suprasegmental and sympathetic autonomic influences, the power of specific somatosensory afferentation, a high level of readiness for a motor response; upon that, predictor of alleviation of pain syndrome is an initially high level of specific somatosensory afferentation.

Keywords: *compressive vertebrogenic radiculopathies; conservative treatment; contingent negative variation; late electromyographic responses; heart rate variability; logit regression analysis*

For citation:

Barinova I. A., Zorin R. A., Kharlamov I. V., Zhadnov V. A. Clinical and Neurophysiological Characteristics of Patients with Compressive Radiculopathies. *Science of the Young (Eruditio Juvenium)*. 2024;12(3):355–364. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024123355-364>.

Введение

Компрессионные вертеброгенные радикулопатии, клинически проявляющиеся спектром болевых расстройств, двигательных нарушений, сенсорных выпадений являются одной из форм патологии нервной системы, при которой вопрос о тактике консервативного или хирургического лечения остаётся дискуссионным [1, 2].

В соответствии с клиническими рекомендациями консервативное лечение пациентов с данной патологией возможно при отсутствии прогрессирующего неврологического дефицита с применением препаратов, направленных как на ноцицептивный (в том числе миогенный) компонент болевого синдрома, так и на нейропатический и, при необходимости, психогенный компонент болевого синдрома [3–6].

В связи с этим возникает потенциальная необходимость объективного нейрофизиологического параметрирования отдельных компонентов болевого синдрома, в том числе центральных механизмов боли [7–9]. Одним из направлений в решении данного вопроса является комплексное нейрофизиологическое обследование с регистрацией поздних электромиографических ответов, эндогенных вызванных потенциалов, отражающих моторную готовность к ответу и коррелятов активности стресс-реализующих и стресс-лимитирующих механизмов [10–12]. Важнейшим показателем значимости данных нейрофизиологических параметров являются ассоциированные с ними клинико-функциональные корреляции.

Цель. Комплексная клинико-нейрофизиологическая характеристика пациентов с различной эффективностью консервативного лечения компрессионных вертеброгенных радикулопатий L5 и S1.

Материалы и методы

В исследование включен 61 пациент, из них 40 мужчин и 21 женщина, средний возраст составил 44,3, стандартная ошибка средней 2,63 лет.

Исследование выполнено с соблюдением принципов биомедицинской этики

и одобрено на заседании локального этического комитета ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России (Протокол № 1 от 12.09.2022).

Критерий включения: наличие болевого синдрома длительностью не более 4 недель, ассоциированного с вертеброгенной компрессионной радикулопатией L5–S1, подтвержденной клиническими данными и методами нейровизуализации.

Критерии не включения:

- системные ревматологические заболевания, которые могут являться причиной болевого синдрома;
- беременность;
- невозможность выполнения тестов;
- наличие признаков нейропатии, полинейропатии, плексопатии любой этиологии выявляемых клинико-функциональными методами;
- наличие стеноза позвоночного канала;
- наличие оперативного вмешательства по поводу компрессионной радикулопатии в анамнезе;
- декомпенсированные заболевания сердечно-сосудистой и дыхательной систем;
- опухолевый механизм компрессии корешка;
- инфекционное поражение позвонков или дисков.

Пациенты, включенные в данное исследование, проходили стандартизацию по выраженности болевого синдрома с визуально-аналоговой шкалой (ВАШ) не менее 8 баллов до начала лечения, получали стандартные методы консервативного лечения: информирование пациента, лечебная физкультура с нагрузкой, адекватной состоянию пациента, нестероидные противовоспалительные препараты (диклофенак в дозах до 75 мг/сут.), тизанидин — до 8 мг/сут., габапентин — до 900 мг/сут., цианкобаламин — 500 мкг/сут. Длительность терапии не превышала 3 недели.

Методы исследования включали клинико-неврологическое обследование с применением ВАШ для оценки выраженности болевого синдрома, регистрацию F-ответа при стимуляции большеберцово-

го нерва в дистальной точке с двух сторон, регистрацию Н-ответа при стимуляции большеберцового нерва в подколенной ямке, регистрацию соматосенсорных вызванных потенциалов при стимуляции большеберцового нерва в дистальной точке с двух сторон. Оценивались показатели средней и максимальной амплитуды Н-ответа, F-ответа, средней и минимальной латентности ответов. У пациентов регистрировался потенциал условно-негативного отклонения (англ.: *contingent negative variation*, CNV) в следующей парадигме: осуществлялась серия сочетаний предупреждающего (тон 2000 Гц) и пускового (тон 1000 Гц) с изометрическим напряжением мышц спины и ноги на стороне поражения (без регистрации коркового ответа) с последующим регистрацией CNV с предъявлением предупреждающего и пускового стимулов без изометрического напряжения мышц. Регистрация данных показателей осуществлялась при помощи программно-аппаратного комплекса «Нейро-МВП.Микро» (ООО «Нейрософт», Россия). Амплитуда CNV определялась как разница амплитуд M1M2.

Регистрация variability сердечного ритма осуществлялась при помощи программно-аппаратного комплекса «Полиспектр.NET» (ООО «Нейрософт», Россия); определялись данные статистического анализа динамического ряда кардиоинтервалов и спектрального анализа.

Магнитно-резонансная томография поясничного отдела позвоночника и спинного мозга проводилось при помощи магнитно-резонансной системы GE Signa Explorer 1,5 Тл в режимах T2, T1, STIR в сагиттальной, аксиальной и коронарной плоскостях; качественно оценивались изменения по типу протрузий и экструзий; их локализация (медианная, субартикулярная, фораминальная), латеральный и фораминальный стеноз, гипертрофии межпозвоночных суставов и утолщение желтой связки) [13].

Статистический анализ осуществлялся при помощи пакета программ Statistica 10.0 Ru; применялись методы описатель-

ной статистики (данные представлены в формате Me [Q24; Q75]), кластерный анализ; попарные межгрупповые сравнения (критерий Манна–Уитни для независимых групп и критерий Вилкоксона для зависимых групп), корреляционный анализ (ранговый критерий корреляции Спирмена), процентные различия между группами проводились на основе критерия хи-квадрат. Метод логистической регрессии применялся для распределения пациентов в группы с различной результативностью лечения; использован метод максимального правдоподобия, вероятность распределения в группы оценивалась по формуле:

$$p = 1/(1 + e^{-y}),$$
$$y = b_0 + k_1 \times b_1 + k_2 \times b_2 + \dots k_n \times b_n,$$

где b_0 — константа (свободный член), b_1, b_2, \dots, b_n — значения включенных в модель параметров; k_1, k_2, \dots, k_n — коэффициенты уравнения регрессии при параметрах соответственно.

Результаты

Выделение групп пациентов по результативности лечения осуществлялось на основе динамики ВАШ методом кластерного анализа. При анализе методом иерархических деревьев число предполагаемых кластеров выделено как 2; при помощи метода k-средних на второй итерации выделены соответствующие группы; в первый кластер включены 32 пациента, во второй — 29.

Характеристики кластеров представлены в таблице 1.

При анализе данных МРТ различий по частоте встречаемости протрузий и экструзий; стеноза латерального и фораминального, а также частоты встречаемости гипертрофии межпозвоночных суставов и утолщения желтой связки между вышеуказанными группами по критерию хи-квадрат не выявлено.

При сравнительном анализе групп были выявлены следующие различия нейрофизиологических показателей в день поступления (табл. 2).

Таблица 1. Динамика ВАШ у пациентов в день включения в исследование и через 3 месяца

Параметр	Группа 1 Me [Q25; Q75]	Группа 2 Me [Q25; Q75]	U	p
ВАШ, 1 день	9 [8;9]	8 [8;9]	43	0,100
ВАШ, 21 день	5 [4;5]	4 [2;4]	35	0,039
ВАШ, 3 месяца	3 [2;3]	1 [1;2]	24	0,007

Примечания: ВАШ — визуально-аналоговая шкала боли; Me — медиана, первичный результат, находящийся в середине ряда показателей; LQ — порядковые номера значений выборки, нижняя; UQ — порядковые номера значений выборки, верхняя; U — критерий Манна–Уитни; p — уровень значимости в статистике

Таблица 2. Нейрофизиологические показатели в группах пациентов

Параметр	Группа 1 Me [Q25; Q75]	Группа 2 Me [Q25; Q75]	U	p
Амплитуда CNV в Cz, мкВ	8,4 [6,3;20,1]	6,7 [2,3;15,6]	7	0,029
Амплитуда ССВП P37–N45, мкВ	2,5 [1,0;4,6]	2,2 [1,2;4,1]	18	0,827
Средняя амплитуда F-ответа, мкВ	155 [30;250]	197 [57;336]	8	0,038
HF BCP нормализованный, %	82 [50;90]	30 [19;42]	4	0,006

Примечания: CNV — потенциал условно-негативного отклонения; Cz — вторая основная линия, проходящая между двумя слуховыми проходами через макушку, для регистрации электрической активности мозга при проведении ВП; ССВП — соматосенсорные вызванные потенциалы; P37–N45 — элементы вызванных потенциалов, имеют корковое происхождение, отражают активацию первичной соматосенсорной коры проекции ноги; F-волна — поздний электромиографический ответ, реализуется только двигательной частью нервно-мышечной системы; Me — медиана, первичный результат, находящийся в середине ряда показателей; LQ — порядковые номера значений выборки, нижняя; UQ — порядковые номера значений выборки, верхняя; HF BCP — спектральный показатель вариабельности сердечного ритма, мощность в диапазоне высоких частот, характеризует парасимпатический тонус; U — критерий Манна–Уитни; p — уровень значимости в статистике

Как следует из таблицы, определяется более высокая амплитуда CNV в группе пациентов 1, в этой же группе определяется более высокая амплитуда колебаний в диапазоне высокочастотных BCP, меньшая амплитуда F-ответа на стороне поражения.

При анализе корреляций между нейрофизиологическими показателями и выраженностью болевого синдрома в динамике были выявлены следующие взаимосвязи в группе 1, отражающие, в том числе, предиктивное значение исследуемых параметров (табл. 3).

Таблица 3. Клинико-нейрофизиологические корреляции в группе 1

Параметр	Rs	p
CNV Cz амплитуда — ВАШ 1 визит	0,866	0,047
LF — ВАШ 1 визит	0,826	0,042
ССВП, стимуляция контралатерально стороне поражения; амплитуда P37–N45 — ВАШ, 3 месяца	-0,868	0,005

Примечания: CNV — потенциал условно-негативного отклонения; Cz — вторая основная линия, проходящая между двумя слуховыми проходами через макушку, для регистрации электрической активности мозга при проведении ВП; ВАШ — визуально-аналоговая шкала боли; LF — спектральный показатель вариабельности сердечного ритма, мощность в диапазоне низких частот, характеризует симпатический тонус; ССВП — соматосенсорные вызванные потенциалы; P37–N45 — элементы вызванных потенциалов, имеют корковое происхождение, отражают активацию первичной соматосенсорной коры проекции ноги; Rs — коэффициент ранговой корреляции Спирмена; p — уровень значимости в статистике

Как следует из таблицы, установлены положительные корреляции амплитуды CNV с выраженностью болевого синдрома в день включения в исследование, положительные корреляции LF с аналогичной клинической характеристикой. Амплитуда соматосенсорных вызванных

потенциалов (ССВП) на момент включения в исследования отрицательно коррелировала с уровнем боли через 3 месяца.

В таблице 4 представлены клинико-нейрофизиологические корреляции в группе пациентов 2 — с выраженным регрессом болевого синдрома.

Таблица 4. Клинико-нейрофизиологические корреляции в группе 2

Параметр	Rs	p
ССВП P37–N45 — ВАШ 1	0,692	0,018
Стресс-индекс — ВАШ 1	0,748	0,008
Амплитуда F-ответа — ВАШ 1 визит	0,526	0,039
ССВП P37–N45 (0–N45) — ВАШ 3	-0,501	0,041
СКО ВСР — ВАШ 3	-0,581	0,047

Примечания: ВАШ — визуально-аналоговая шкала боли; LF — спектральный показатель variability сердечного ритма, мощность в диапазоне низких частот, характеризует симпатический тонус; ССВП — соматосенсорные вызванные потенциалы; P37–N45 — элементы вызванных потенциалов, имеют корковое происхождение, отражают активацию первичной соматосенсорной коры проекции ноги; F-ответ — поздний электромиографический ответ, реализуется только двигательной частью нервно-мышечной системы; Стресс-индекс — этот показатель рассчитывается во время анализа variability сердечного ритма; СКО ВСР — корень квадратный из дисперсии, характеризует состояние механизмов регуляции сердечной деятельности; Rs — коэффициент ранговой корреляции Спирмена; p — уровень значимости в статистике

Выявлены достоверные связи специфической соматосенсорной афферентации, стресс индекса ВСР, амплитуды F-ответа в день включения в исследование и интенсивности болевого синдрома, установлены отрицательные корреляции мощности специфической афферентации, а также variability ряда R-R интер-

валов с болевым синдромом через 3 месяца. Удалось создать модель логит-регрессионного анализа, включающую 2 из исследуемых нейрофизиологических показателей и позволяющую распределять испытуемых в группы с различной эффективностью консервативного лечения (табл. 5).

Таблица 5. Модель логит-регрессионного анализа для распределения исследуемых в группы

Параметр	Значение	Хи-квадрат	p	ОШ
Свободный член (b_0)	6,73	3,84	0,039	1,5
Амплитуда CNV Fz, мкВ	-0,028	3,109	0,042	1,2
HF ВСР	-0,104	3,772	0,040	1,1

Примечания: CNV — потенциал условно-негативного отклонения в точке Fz; HF ВСР — спектральный показатель variability сердечного ритма, мощность в диапазоне высоких частот, характеризует парасимпатический тонус; p — уровень значимости в статистике; ОШ — отношение шансов

Функция потерь для данной модели — максимальное правдоподобие, хи-квадрат 10,1; $p = 0,006$, процент верных классификаций в группу 1 составил 75%,

в группу 2 — 100%. Таким образом, модель оказалась более чувствительной в выделении группы пациентов с выраженным регрессом боли на фоне лечения.

Обсуждение

В целом при сопоставимом исходном уровне болевого синдрома и качественных нейровизуализационных характеристиках компрессии корешка группы оказались гетерогенными по динамике болевого синдрома на фоне консервативного лечения. В литературе обсуждается комплекс факторов, определяющих данные различия: от локальных характеристик компримирующего патологического процесса, деятельности ноцицептивных и антиноцицептивных систем, до комплексных индивидуальных психологических типологических характеристик пациентов [14].

При сравнении двух групп пациентов нами были получены достоверные различия, отражающие перенаправление внимания на сознательный контроль при формировании готовности к двигательной реакции, меньшую активность сегментарных мотонейронов и большую вариабельность сердечного ритма в группе с сохраняющимся болевым синдромом после лечения [15].

В группе 2 с более выраженным регрессом болевого синдрома установлены клиничко-функциональные корреляции мощности специфической соматосенсорной афферентации и активации стресс-реализующих механизмов и сегментарного мотонейронного аппарата и интенсивности боли в острый период. При этом исходно большая вариабельность сердечного ритма определяла более выраженный регресс болевого синдрома [16]. При этом в обеих группах выявлена связь мощности специфической соматосенсорной афферентации с регрессом болевого синдрома через 3 месяца.

Включение потенциала, отражающего готовность корковых структур к мо-

торному ответу и характеристик вегетативного обеспечения деятельности в логит-регрессионную модель с высокой чувствительностью норм к выделению группы пациентов с хорошей реакцией на терапию демонстрирует роль центральных механизмов моторного ответа и вегетативного обеспечения в выделении групп с различной реакцией на проводимую терапию [17, 18].

Выводы

1. Различия у пациентов с вертеброгенными компрессионными болевыми синдромами с неоднородными по эффективности стандартного консервативного лечения определяются в том числе исходными (до начала терапии) клиничко-функциональными характеристиками.

2. Группа пациентов с неполным регрессом болевых синдромов на фоне стандартной терапии характеризуется высокой активностью корковых механизмов готовности к моторному ответу, меньшей активностью сегментарного мотонейронного аппарата, большей мощностью автономного контура вегетативной регуляции по сравнению с группой с выраженным регрессом болевого синдрома.

3. Коррелятами интенсивности болевого синдрома в группах являются выраженность надсегментарных и симпатических вегетативных влияний, мощность специфической соматосенсорной афферентации, активность сегментарного мотонейронного аппарата и высокий уровень активности корковых механизмов готовности к моторному ответу; предикторами регресса болевого синдрома через 3 месяца является исходно высокая мощность специфической соматосенсорной афферентации, а также большая вариабельность сердечного ритма.

Список источников

1. Иванова М.А., Парфенов В.А., Исайкин А.И. Консервативное лечение пациентов с дискогенной пояснично-крестцовой радикулопатией (результаты проспективного наблюдения) // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2018. Т. 10, № 3. С. 59–65. doi: [10.14412/2074-2711-2018-3-59-65](https://doi.org/10.14412/2074-2711-2018-3-59-65)
2. Бердогоин К.А., Сафонова Г.Д., Кудрявцева И.П. Аспекты формирования вертеброгенного болевого синдрома при остеохондрозе // Фун-

- даментальные исследования. 2014. № 10, Ч. 1. С. 193–197.
3. Парфенов В.А., Яхно Н.Н., Давыдов О.С., и др. Дискогенная пояснично-крестцовая радикулопатия. Рекомендации Российского общества по изучению боли (РОИБ) // *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2020. Т. 12, № 4. С. 15–24. doi: [10.14412/2074-2711-2020-4-15-24](https://doi.org/10.14412/2074-2711-2020-4-15-24)
 4. Еремеева И., Рязанцева И., Хамитова Р. Использование миорелаксантов в лечении радикулопатии // *Врач*. 2015. Т. 26, № 4. С. 33–34.
 5. Парфенов В.А. Врачебная тактика при болях в нижней части спины // *Медицинский совет*. 2016. № 8. С. 76–80. doi: [10.21518/2079-701X-2016-8-76-80](https://doi.org/10.21518/2079-701X-2016-8-76-80)
 6. Baron R., Binder A., Wasner G. Neuropathic pain: diagnosis, pathophysiological mechanisms, and treatment // *Lancet Neurol*. 2010. Vol. 9, No. 8. P. 807–819. doi: [10.1016/s1474-4422\(10\)70143-5](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(10)70143-5)
 7. Гордеев С.А. Боль: классификация, структурно-функциональная организация ноцицептивной и антиноцицептивной систем, электронейромиографические методы исследования // *Успехи физиологических наук*. 2019. Т. 50, № 4. С. 87–104. doi: [10.1134/S0301179819040039](https://doi.org/10.1134/S0301179819040039)
 8. Морозов А.М., Сороковикова Т.В., Пичугова А.Н., и др. О возможности применения инструментальной и проекционной оценки болевого синдрома // *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье*. 2022. Т. 12, № 2. С. 44–52. doi: [10.20340/vmi-rvz.2022.2.CLIN.2](https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2022.2.CLIN.2)
 9. Балезина О.П. Механизмы и медиаторы нейропатической боли // *Биохимия*. 2004. Т. 69, № 8. С. 1151.
 10. Баринаова И.А., Ерхова Л.Н., Жаднов В.А., и др. Нейрофизиологические факторы, ассоциированные с компрессионными и рефлекторными механизмами болей в нижней части спины // *Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова*. 2023. Т. 31, № 4. С. 593–600. doi: [10.17816/PAVLOVJ303663](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ303663)
 11. Давыдов А.Т., Тюкавин А.И., Антонов М.М., и др. Патология боли, роль и место различных методов лечения болевого синдрома // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. 2013. Т. 11, № 1. С. 55–75.
 12. Подчуфарова Е.В., Яхно Н.Н. Роль дисфункционального механизма в формировании хронических болевых синдромов пояснично-крестцовой локализации // *Российский журнал боли*. 2012. № 1 (34). С. 54–55.
 13. Берген Т.А., Месропян Н.А., Смагина А.В. Магнитно-резонансная томография при дегенеративных изменениях поясничного отдела позвоночника: современное состояние вопроса // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2019. Т. 83, № 4. С. 104–112. doi: [10.17116/neiro201983041104](https://doi.org/10.17116/neiro201983041104)
 14. Иванова М.А., Исайкин А.И., Парфенов В.А. Изучение эффективности консервативного и хирургического лечения дискогенной пояснично-крестцовой радикулопатии // *Российский журнал боли*. 2018. № 2 (56). С. 121–122.
 15. Земсков А.М., Бакулева Н.И., Ширяев О.Ю., и др. Современные представления о нейрохимических, иммунологических и генетических аспектах тревоги и депрессии (обзор литературы) // *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2023. Т. 11, № 4. С. 581–593. doi: [10.23888/HMJ2023114581-593](https://doi.org/10.23888/HMJ2023114581-593)
 16. Jacobs J.V., Yaguchi C., Kaida C., et al. Effects of experimentally induced low back pain on the sit-to-stand movement and electroencephalographic contingent negative variation // *Exp. Brain Res*. 2011. Vol. 215, No. 2. P. 123–134. doi: [10.1007/s00221-011-2880-z](https://doi.org/10.1007/s00221-011-2880-z)
 17. Rampazo E.P., Rehder-Santos P., Catai A.M., et al. Heart rate variability in adults with chronic musculoskeletal pain: A systematic review // *Pain Practice*. 2024. Vol. 24, No. 3. P. 211–230. doi: [10.1111/papr.13294](https://doi.org/10.1111/papr.13294)
 18. Sadeghi M., Talebian S., Olyaei G.R., et al. Preparatory brain activity and anticipatory postural adjustment accompanied by externally cued weighted — rapid arm rise task in non-specific chronic low back pain patients and healthy subjects // *Springerplus*. 2016. Vol. 5, No. 1. P. 674. doi: [10.1186/s40064-016-2342-y](https://doi.org/10.1186/s40064-016-2342-y)
 19. Schoupe S., Clauwaert A., Van Oosterwijck J., et al. Does experimentally induced pain-related fear influence central and peripheral movement preparation in healthy people and patients with low back pain? // *Pain*. 2020. Vol. 161, No. 6. P. 1212–1226. doi: [10.1097/j.pain.0000000000001813](https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001813)

References

1. Ivanova MA, Parfenov VA, Isaikin AI. Conservative treatment for patients with discogenic lumbosacral radiculopathy: results of a prospective follow-up. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2018;10(3):59–65. (In Russ). doi: [10.14412/2074-2711-2018-3-59-65](https://doi.org/10.14412/2074-2711-2018-3-59-65)
2. Berduygin KA, Safonova GD, Kudryavtseva IP. Aspects of vertebrogenic pain syndrome in osteochondrosis. *Fundamental Research*. 2014;(10, Pt 1):193–7. (In Russ).
3. Parfenov VA, Yakhno NN, Davydov OS, et al. Discogenic lumbosacral radiculopathy. Recommendations of the Russian Association for the Study of Pain (RSSP). *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2020;12(4):15–24. (In Russ). doi: [10.14412/2074-2711-2020-4-15-24](https://doi.org/10.14412/2074-2711-2020-4-15-24)
4. Eremeeva I, Ryazantseva I, Khamitova R. Use of myorelaxants in the treatment of radiculopathy. *Vrach*. 2015;26(4):33–4. (In Russ).

5. Parfyonov VA. Treatment approach for managing low back pain. *Medical Council*. 2016;(8):76–80. (In Russ). doi: [10.21518/2079-701X-2016-8-76-80](https://doi.org/10.21518/2079-701X-2016-8-76-80)
6. Baron R, Binder A, Wasner G. Neuropathic pain: diagnosis, pathophysiological mechanisms, and treatment. *Lancet Neurol*. 2010;9(8):807–19. doi: [10.1016/s1474-4422\(10\)70143-5](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(10)70143-5)
7. Gordeev SA. Pain: Classification, the Structurally Functional Organization of the Nociceptive and Antinociceptive Systems, Electroneuromyographic Research Methods. *Uspehi Fiziologicheskikh Nauk*. 2019;50(4):87–104. (In Russ). doi: [10.1134/S0301179819040039](https://doi.org/10.1134/S0301179819040039)
8. Morozov AM, Sorokovikova TV, Pichugova AN, et al. On possibility of application of instrumental and projection assessment of pain syndrome. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ". Rehabilitation, Doctor and Health*. 2022;12(2):44–52. (In Russ). doi: [10.20340/vmi-rvz.2022.2.CLIN.2](https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2022.2.CLIN.2)
9. Balezina OP. Mechanisms and Mediators of Neuropathic Pain. *Biokhimiya*. 2004;69(8):1151. (In Russ).
10. Barinova IA, Erkhova LN, Zhadnov VA, et al. Neurophysiological Factors Associated with Compression and Reflex Mechanisms of Lower Back Pain. *I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2023;31(4):593–600. (In Russ). doi: [10.17816/PAVLOVJ303663](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ303663)
11. Davydov AT, Tyukavin AI, Antonov MM, et al. Pathology of pain, and a role of different methods for pain syndrome treatment. *Reviews of Clinical Pharmacology and Drug Therapy*. 2013;11(1):55–75. (In Russ).
12. Podchufarova EV, Yakhno NN. Rol' disfunktsional'nogo mekhanizma v formirovaniy khronicheskikh bolevykh sindromov poyasnichno-kresttsovoy lokalizatsii. *Russian Journal of Pain*. 2012;(1):54–5. (In Russ).
13. Bergen TA, Mesropyan NA, Smagina AV. Magnetic-resonance imaging under degenerative changes in lumbar spine: state of the art. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2019;83(4):104–12. (In Russ). doi: [10.17116/neiro201983041104](https://doi.org/10.17116/neiro201983041104)
14. Ivanova MA, Isaykin AI, Parfenov VA. Izucheniye effektivnosti konservativnogo i khirurgicheskogo lecheniya diskogennoy poyasnichno-kresttsovoy radikulopatii. *Russian Journal of Pain*. 2018;(2):121–2. (In Russ).
15. Zemskov AM, Bakuleva NI, Shirayev OYu, et al. Modern Ideas of Neurochemical, Immunological and Genetic Aspects of Anxiety and Depression (Literature Review). *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2023;11(4):581–93. (In Russ). doi: [10.23888/HMJ2023114581-593](https://doi.org/10.23888/HMJ2023114581-593)
16. Jacobs JV, Yaguchi C, Kaida C, et al. Effects of experimentally induced low back pain on the sit-to-stand movement and electroencephalographic contingent negative variation. *Exp Brain Res*. 2011;215(2):123–34. doi: [10.1007/s00221-011-2880-z](https://doi.org/10.1007/s00221-011-2880-z)
17. Rampazo EP, Rehder-Santos P, Catai AM, et al. Heart rate variability in adults with chronic musculoskeletal pain: A systematic review. *Pain Pract*. 2024;24(3):211–30. doi: [10.1111/papr.13294](https://doi.org/10.1111/papr.13294)
18. Sadeghi M, Talebian S, Olyaei GR, et al. Preparatory brain activity and anticipatory postural adjustment accompanied by externally cued weighted — rapid arm rise task in non-specific chronic low back pain patients and healthy subjects. *Springerplus*. 2016;5(1):674. doi: [10.1186/s40064-016-2342-y](https://doi.org/10.1186/s40064-016-2342-y)
19. Schoupe S, Clauwaert A, Van Oosterwijck J, et al. Does experimentally induced pain-related fear influence central and peripheral movement preparation in healthy people and patients with low back pain? *Pain*. 2020;161(6):1212–26. doi: [10.1097/j.pain.0000000000001813](https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001813)

Дополнительная информация

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Этика. Использованы данные пациента в соответствии с письменным информированным согласием.

Информация об авторах:

✉ *Баринова Ирина Александровна* — очный аспирант кафедры неврологии и нейрохирургии, SPIN: 4545-1196, <https://orcid.org/0000-0001-5384-5208>, e-mail: barinova-irina-a2@yandex.ru

Зорин Роман Александрович — д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии, SPIN: 5210-5747, <https://orcid.org/0000-0003-4310-8786>, e-mail: zorin.ra30091980@mail.ru

Харламов Игорь Васильевич — врач-невролог, SPIN: 1555-7240, <https://orcid.org/0009-0007-6935-6012>, e-mail: xiagunianigor@yandex.ru

Funding. The authors declare no funding for the study.

Ethics. The data is used in accordance with the informed consent of patient.

Information about the authors:

✉ *Irina A. Barinova* — Postgraduate Student of the Department of Neurology and Neurosurgery, SPIN: 4545-1196, <https://orcid.org/0000-0001-5384-5208>, e-mail: barinova-irina-a2@yandex.ru

Roman A. Zorin — MD, Dr. Sci (Med.), Associate Professor, Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery, SPIN: 5210-5747, <https://orcid.org/0000-0003-4310-8786>, e-mail: zorin.ra30091980@mail.ru

Igor' V. Kharlamov — MD, Neurologist, SPIN: 1555-7240, <https://orcid.org/0009-0007-6935-6012>, e-mail: xiagunianigor@yandex.ru

Жаднов Владимир Алексеевич — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой неврологии и нейрохирургии, SPIN: 1632-5083, <https://orcid.org/0000-0002-5973-1196>, e-mail: vladimir.zhadnov@mail.ru

Вклад авторов:

Баринова И. А. — сбор материала, обработка, написание текста, редактирование.

Зорин Р. А. — обработка, написание текста, редактирование.

Харламов И. В. — сбор материала.

Жаднов В. А. — обработка, редактирование.

Утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи — все соавторы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Vladimir A. Zhadnov — MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Neurology and Neurosurgery, SPIN: 1632-5083, <https://orcid.org/0000-0002-5973-1196>, e-mail: vladimir.zhadnov@mail.ru

Contribution of the authors:

Barinova I. A. — collecting of material, processing, writing the text, editing.

Zorin R. A. — processing, writing the text, editing.

Kharlamov I. V. — collecting of material.

Zhadnov V. A. — processing, editing.

Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article all authors.

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