



ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья
УДК 616.711.1-007.271-073.756.8
<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-5-37-51>

Степень выраженности миелопатии как диагностический и прогностический показатель при лечении пациентов со стенозом шейного отдела позвоночника

А. А. Суфианов¹, Д. Н. Набиев², К. А. Дьячков³,
А. В. Бурцев⁴, Р. А. Суфианов⁵, М. Т. Карсанова⁶

^{1,5} ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия

^{1,2,5,6} ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России, Тюмень, Россия

¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН), Москва, Россия

^{3,4} ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия

⁵ ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России, Москва Россия

¹ Sufianov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>

² davidnabiev82@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5380-8367>

³ dka_doc@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5105-3378>

⁴ bav31rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8968-6528>

⁵ Rinat.sufianov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4031-0540>

⁶ asya_mag_95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8919-1012>

Автор, ответственный за переписку: Константин Александрович Дьячков,
dka_doc@mail.ru

Аннотация

Стеноз шейного отдела позвоночника сопровождается нарушением функции спинного мозга, приводящим к многочисленным осложнениям и инвалидизации пациентов, хорошо известен лучевым диагностам, вертебрологам, нейрохирургам, но не все диагностические проблемы и вопросы хирургического лечения могут считаться решенными.

Цель исследования. Обоснование возможностей и необходимости качественного и количественного изучения методом МРТ степени тяжести миелопатии при стенозе шейного отдела позвоночника.

© Суфианов А. А., Набиев Д. Н., Дьячков К. А., Бурцев А. В., Суфианов Р. А., Карсанова М. Т., 2024

Материалы и методы. Изучены результаты обследования методом МРТ 82 пациентов со стенозом шейного отдела позвоночника на фоне дегенеративно-дистрофических процессов до и после лечения методом костно-пластической билатеральной декомпрессивной ламинопластики с фораминотомией под нейрофизиологическим контролем. Исследование проводили с использованием стандартных программ: T2 haste localizer, t2_tse_cor_p2, t2_tse_sag_p2, t1_tse_sag_p2.

Результаты. Очаг миелопатии был выявлен при МРТ в 74,4 % случаев, что подтверждало степень тяжести патологии. Из 60 больных с миелопатией четко выраженный симптом «змеиных глаз», известный как симптом «совиных глаз» или «яичницы», выявлен у 28 больных. У некоторых пациентов определялась одна зона в виде очага повышенной интенсивности сигнала округлой формы на аксиальном срезе. Средняя величина коэффициента интенсивности сигнала у больных до лечения составила $1,89 \pm 0,31$, после лечения — $1,63 \pm 0,21$. Достоверные отличия ИС до и после лечения имели место у 45 % больных.

Заключение. Результаты работы показали, что количественная оценка интенсивности сигнала от спинного мозга при стенозе может быть применена для определения степени тяжести миелопатии и сравнения данных до и после лечения. Для более точного выявления очага наиболее интенсивного сигнала и повышения точности измерения целесообразно проводить цветовое картирование изображений

Ключевые слова: позвоночник, стеноз, шейный отдел, миелопатия, МРТ

Для цитирования: Суфианов А. А., Набиев Д. Н., Дьячков К. А., Бурцев А. В., Суфианов Р. А., Карсанова М. Т. Степень выраженности миелопатии как диагностический и прогностический показатель при лечении пациентов со стенозом шейного отдела позвоночника // Радиология — практика. 2024;5:37-51. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-5-37-51>

Источники финансирования

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Морозова Т. Г., доктор медицинских наук, доцент, является членом редакционного совета журнала «Радиология — практика». Авторам неизвестно о каких-либо других потенциальных конфликтах интересов, связанных с этой рукописью.

Соответствие принципам этики

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

ORIGINAL RESEARCH

Original research

The Severity of Myelopathy as a Diagnostic and Prognostic Indicator in the Treatment of Patients with Cervical Spinal Stenosis

Albert A. Sufianov¹, David N. Nabiev², Konstantin A. Diachkov³,
Alexander V. Burtsev⁴, Rinat A. Sufianov⁵, Maria T. Karsanova⁶

^{1,5} FSAEI HE First Moscow State Medical University named after I. M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russia

^{1,2,5,6} FSBI "Federal Center of Neurology" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tyumen, Russia

¹ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN), Moscow, Russia

^{3,4} FSBI "National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician G. A. Ilizarov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kurgan, Russia

⁵ FSBI "N. N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow Russia

¹ Sufianov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>

² davidnabiev82@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5380-8367>

³ dka_doc@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5105-3378>

⁴ bav31rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8968-6528>

⁵ Rinat.sufianov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4031-0540>

⁶ asya_mag_95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8919-1012>

Corresponding author: Konstantin A. Dyachkov, dka_doc@mail.ru

Abstract

Cervical spinal stenosis is accompanied by dysfunction of the spinal cord, leading to numerous complications and disability of patients. These issues are well known to radiologists, vertebrologists, and neurosurgeons, however, not all of multiple diagnostic problems and issues of surgical treatment can be considered resolved.

Purpose of the study. Justification of the possibilities and necessity of qualitative and quantitative MRI study of the severity of myelopathy in cervical spinal stenosis.

Materials and methods. The results of an MRI examination of 82 patients with cervical spinal stenosis due to degenerative processes were carried out with the use of osteoplastic bilateral laminoplasty technique with simultaneous foraminotomy under neurophysiological control. The examination was conducted before and after the treatment. The study was carried out using standard programs, such as T2 haste localizer, t2_tse_cor_p2, t2_tse_sag_p2, t1_tse_sag_p2.

Results. The focus of myelopathy was detected by MRI in 74.4 % of cases, which confirmed the severity of the pathology. 28 out of 60 patients with myelopathy displayed a clearly defined «snake- eyes» sign, also known as «owl-eyes» or «fried-eggs» appearance. In some patients, one zone was identified in the form of a rounded focus of increased signal intensity on the axial section.

The average value of the signal intensity coefficient in patients before treatment was 1.89 ± 0.31 , after treatment — 1.63 ± 0.21 . Significant differences in MRI before and after treatment occurred in 45 % of patients.

Conclusion. The results of the work showed that quantitative assessment of the signal intensity from the spinal cord in stenosis can be used to assess the severity of myelopathy and compare data before and after treatment. In order to identify the source of the most intense signal more accurately and increase the overall measurement accuracy, it is advisable to carry out color mapping of images.

Keywords: Spine, Stenosis, Cervical Spine, Myelopathy, MRI

For citation: Sufianov A. A., Nabiev D. N., Diachkov K. A., Burtsev A. V., Sufianov R. A., Karsanova M. T. The Severity of Myelopathy as a Diagnostic and Prognostic Indicator in the Treatment of Patients with Cervical Spinal Stenosis. *Radiology — Practice*. 2024;5:37-51. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-5-37-51>

Funding

The study was not funded by any sources.

Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Morozova T. G., M. D. Med., associate professor, is a member of the Editorial Board of «Radiology — Practice». The authors are not aware of any other potential conflict of interest relating to this manuscript.

Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

Актуальность

Стеноз шейного отдела позвоночного столба — хроническое заболевание (M48.0 по МКБ-10), которое характеризуется сочетанием клинических симптомов и сужением позвоночного канала по данным спондилографии, компьютерной (МСКТ) или магнитно-резонансной (МРТ) томографии. По данным отечественной и зарубежной литературы, частота стеноза постоянно увеличивается, особенно в популяции старше 60 лет [1, 3]. Постоянный интерес к данной патологии, являющейся прогрессирующим дегенеративным за-

болеванием, обусловлен нарушением функции спинного мозга, приводящим к многочисленным осложнениям и инвалидизации пациентов [7, 10, 13]. Стеноз шейного отдела позвоночника и его осложнение в виде дегенеративной миелопатии с середины XX века относятся к одной из актуальных проблем травматологии, ортопедии и нейрохирургии [1]. Стеноз шейного отдела позвоночника интенсивно изучается лучевыми диагностами, вертебрологами, нейрохирургами, но не все диагностические проблемы и вопросы хирургического лечения могут считаться решенными.

Выраженность лучевых изменений не всегда соответствует тяжести клинических проявлений. Остается спорным вопрос о целесообразности оперативного вмешательства при выраженном стенозе позвоночного канала без клинических проявлений со стороны спинного мозга [19]. Современные методы диагностики (МСКТ, МРТ, электромиография) широко применяются и анализируются в отечественной и зарубежной литературе [11, 13, 14], однако количественная оценка изменений в спинном мозге при миелопатии по данным МРТ не нашла широкого применения и нуждается в дальнейшем исследовании.

Цель: обоснование возможностей и необходимости качественного и количественного изучения структуры спинного мозга методом МРТ для оценки степени тяжести миелопатии при стенозе шейного отдела позвоночника.

Материалы и методы

Одноцентровое ретроспективное исследование. Изучены результаты обследования методом магнитно-резонансной томографии (МРТ) 82 пациентов со стенозом шейного отдела позвоночника на фоне дегенеративно-дистрофических процессов до и после лечения методом костно-пластической билатеральной декомпрессивной ламинопластики с фораминотомией под нейрофизиологическим контролем. Большая часть пациентов (60,9 %) были в возрасте 51–65 лет. Женщин было 11 (13,4 %), мужчины составили 86,6 %. У 65 пациентов (79,3 %) имели место стенозы на трех и четырех уровнях, что свидетельствовало о многоуровневых стенозах. Очаг миелопатии был выявлен при МРТ в 74,4 % случаев, что подтверждало степень тяжести патологии.

Методы исследования

При поступлении в нейрохирургическое отделение всем пациентам проводили общий и неврологический

осмотры. Всем пациентам выполняли рентгенографию, МСКТ и магнитно-резонансную томографию (МРТ) шейного отдела позвоночника. В данной работе анализируются данные МРТ, которую проводили на магнитно-резонансных томографах: АМРТ Siemens Magnetom Avanto 1,5 T (Германия); МРТ General Electric Discovery MR 750w 3.0 T (Япония). Исследование проводили с использованием стандартных программ: T2 haste localizer, t2_tse_cor_p2, t2_tse_sag_p2, t1_tse_sag_p2, t2_tse_sag_fs_p2, t2_spc_rst_sag_p3_iso_320_myelo.

В ходе анализа МР-данных оценивали состояние и изменение сигнальных характеристик спинного мозга. Количественную оценку интенсивности сигнала оценивали по коэффициенту, который рассчитывали при делении показателя интенсивности сигнала спинного мозга в зоне миелопатии и на уровне диска между CVII и ThI, предложенному J. T. Zhang et al. (2016) [22]. Показатель определяли на t2 tse sag 320 p. Для лучшей визуализации проводили цветовое картирование. Площадь зоны интереса во всех случаях составляла 0,5 мм² (рис. 1).

Работа выполнена в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

Статистическая обработка данных осуществлялась в программе Microsoft® Excel 16.16.27 (201012) с надстройкой AtteStat 12.0.5. Данные представлены в виде $M \pm \sigma$, где M — среднее арифметическое, σ — стандартное отклонение.

Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным $p < 0,05$.

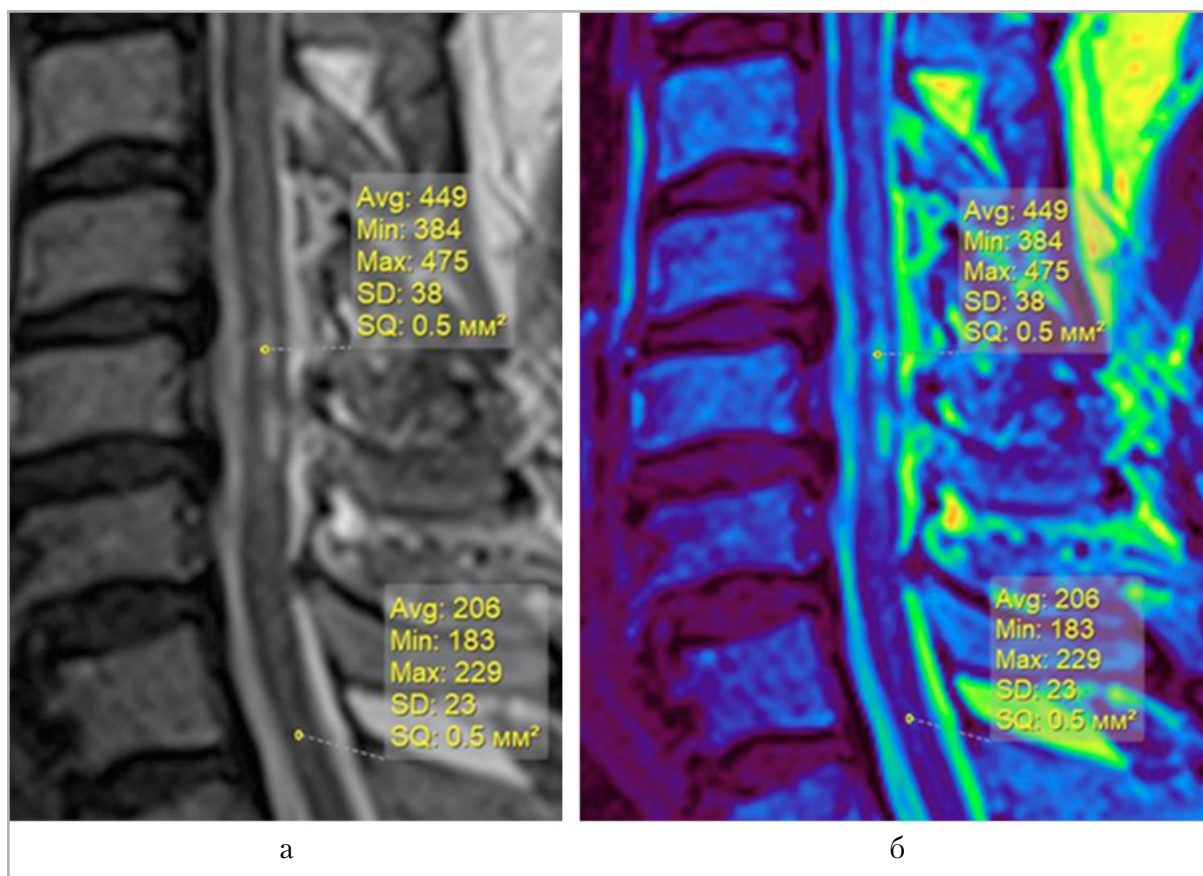


Рис. 1. Магнитно-резонансная томография шейного отдела позвоночника пациента М., 56 лет: *а* — сагиттальная плоскость. T2ВИ; *б* — сагиттальная плоскость. T2ВИ. Цветовое картирование. Палитра perfusion

Результаты

Одним из важных показателей, по данным МРТ-исследований, проведенных в последние годы при стенозе шейного отдела, является интенсивность сигнала в зоне миелопатии. Многие авторы считают этот показатель (в виде коэффициента) важным для определения риска прогрессирования миелопатии после хирургического вмешательства. Изучение интенсивности сигнала проводили в сагиттальной плоскости на T2ВИ. Очень четко зона миелопатии визуализировалась на *t2_sps_rst_p3_iso_320_myelo*, однако этот режим использовался не у всех пациентов, поэтому для изучения интенсивности сигнала применяли T2ВИ по методике, предложенной J. T. Zhang et al. (2016) [22]. В зоне миелопатии имел место сигнал большей интенсивности, чем в прилежа-

щих участках спинного мозга (от 380 до 680 у. е.) (рис. 2).

Типичный признак «глаза змеи» — это уникальный результат нейровизуализации, характеризующийся двумя симметричными высокосигнальными кругами в паренхиме спинного мозга, напоминающими голову и глаза змеи на T2-взвешенных МР-изображениях, расположенных в центральном сером веществе вблизи вентролатеральной части задней колонны. Из 60 больных с миелопатией четко выраженный симптом «глаза змеи» выявлен у 28 больных (46,7 %). У четырех пациентов определялась одна зона в виде очага повышенной интенсивности сигнала округлой формы на аксиальном срезе (рис. 3).

Несмотря на известный термин «глаза змеи» (SEA), применяющийся с 1986 года, подобные изображения опи-

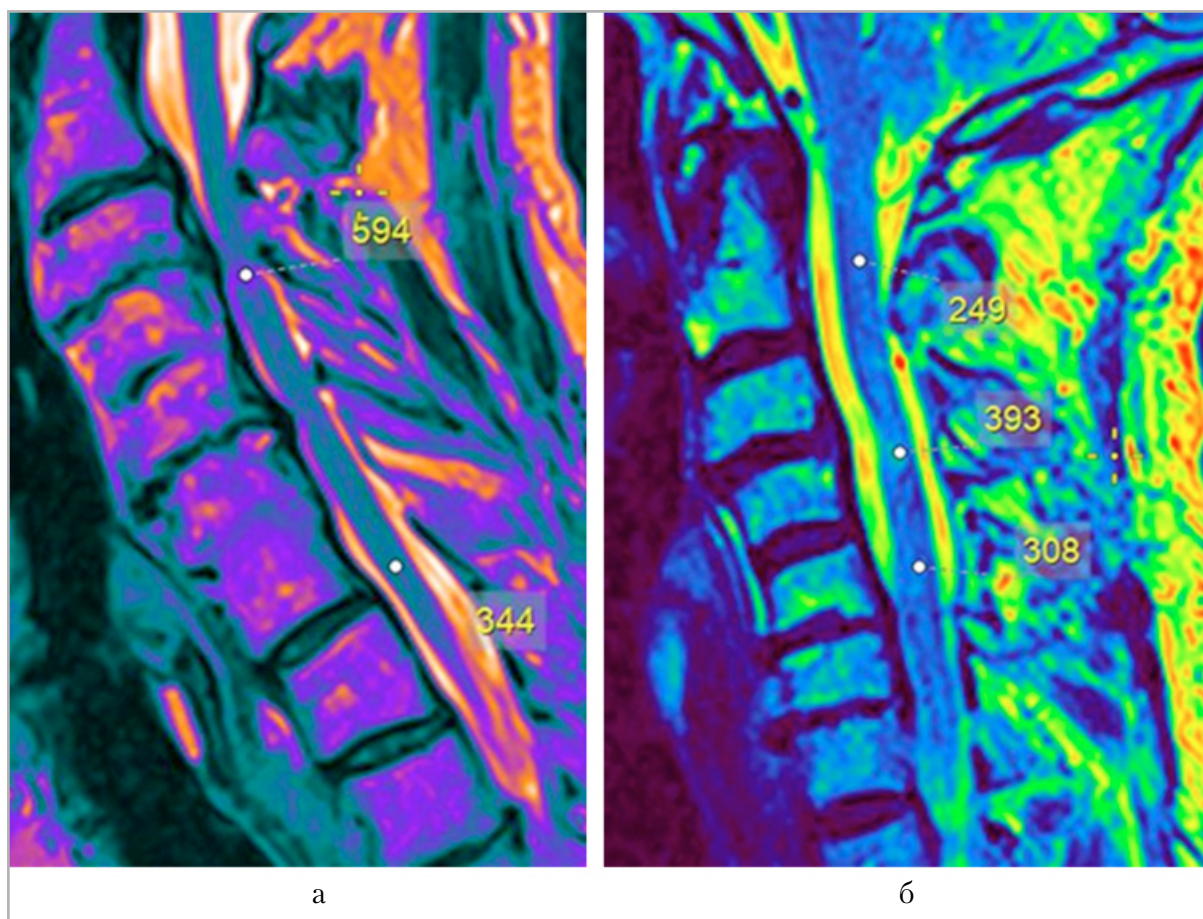


Рис. 2. Магнитно-резонансная томография шейного отдела позвоночника: *а* — пациент К., 64 лет, со стенозом шейного отдела, осложненным миелопатией. Сагиттальная плоскость, Т2ВИ. Цветовое картирование. Измерение интенсивности сигнала. Палитра ret; *б* — пациент Н., 67 лет, со стенозом шейного отдела, осложненным миелопатией. Сагиттальная плоскость. Т2ВИ. Цветовое картирование. Измерение интенсивности сигнала. Палитра perfusion

сывали иногда как «области с высокой плотностью», напоминающие «жареную яичницу», «яичницу-глазунью», когда области более высокого сигнала занимали большую площадь [9, 15, 20]. Наличие интрамедуллярного сигнала высокой интенсивности включало широкий спектр патологических изменений, возникало в результате сдавления спинного мозга как обратимого (отек), так и необратимого характера изменения (глиоз, миеломалиция, кистозный некроз) и часто наблюдалось у пациентов с шейной дегенеративной миелопатией при стенозе позвоночного канала [9, 15, 20]. Интенсивность сигнала в некоторых случаях достигала 700 (рис. 4).

Средняя величина коэффициента интенсивности сигнала у больных до лечения составила $1,89 \pm 0,31$, после лечения — $1,63 \pm 0,21$ (рис. 5).

На рис. 6 представлены данные МРТ шейного отдела позвоночника пациентки Б., 67 лет, до и после лечения.

Достоверные отличия ИС до и после лечения имели место у 45 % больных ($p < 0,05$).

Обсуждение

Анализ данных МРТ спинного мозга с цветовым картированием во время постпроцессорной обработки у пациентов с протяженными стенозами в шейном отделе позвоночника позволил

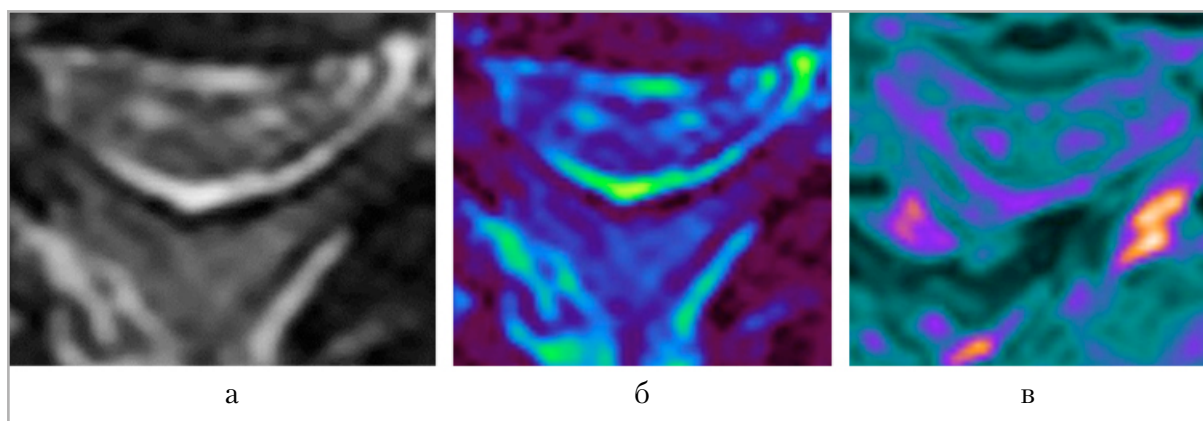


Рис. 3. МРТ шейного отдела позвоночника пациентов со стенозом, осложненным миелопатией: *а* — аксиальная плоскость. Т2ВИ. Пациент К., 58 лет. Симптом «глаза змеи»; *б* — картирование. Палитра perfusion; *в* — пациент М., 63 года. Симптом «глаза змеи». Палитра pet

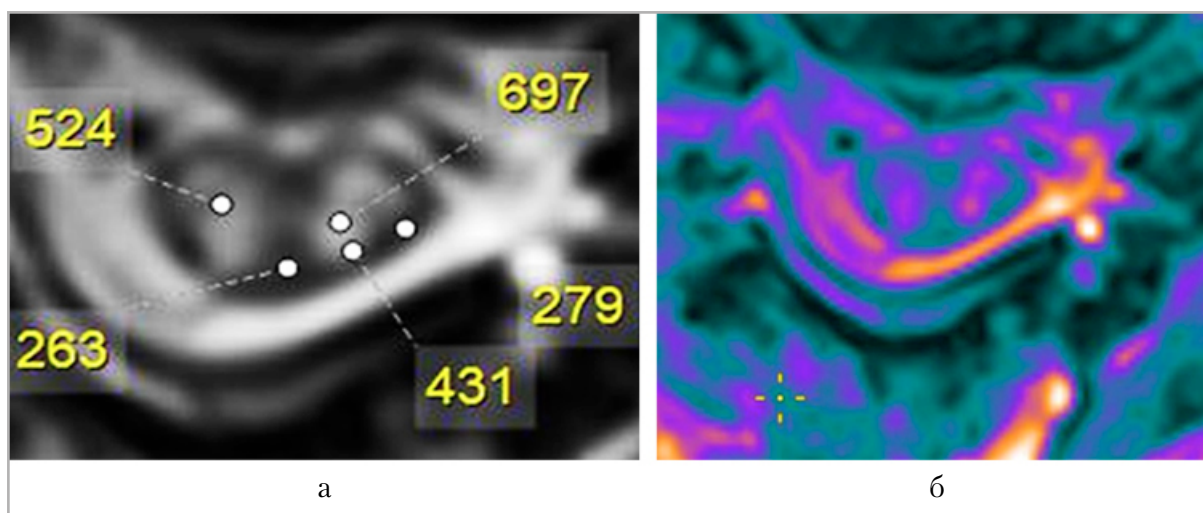


Рис. 4. Магнитно-резонансная томография шейного отдела позвоночника пациента М., 63 лет, со стенозом, осложненным миелопатией: *а* — аксиальная плоскость. Т2ВИ. Измерение интенсивности сигнала. Симптом «жареная яичница»; *б* — цветовое картирование

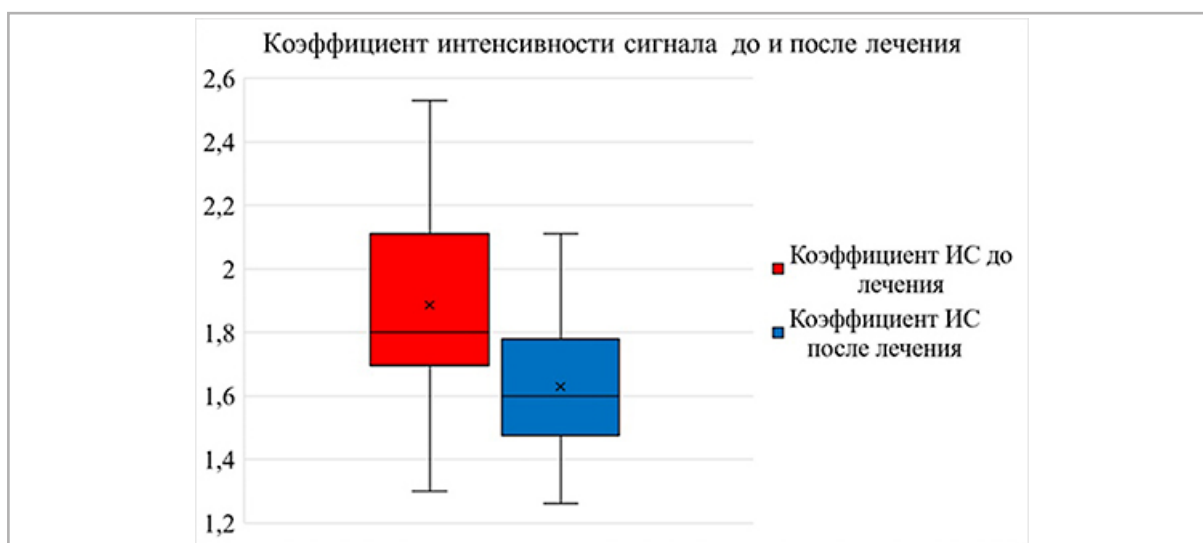


Рис. 5. Диаграмма коэффициентов интенсивности сигнала от спинного мозга у больных стенозом шейного отдела позвоночника при миелопатии до и после лечения

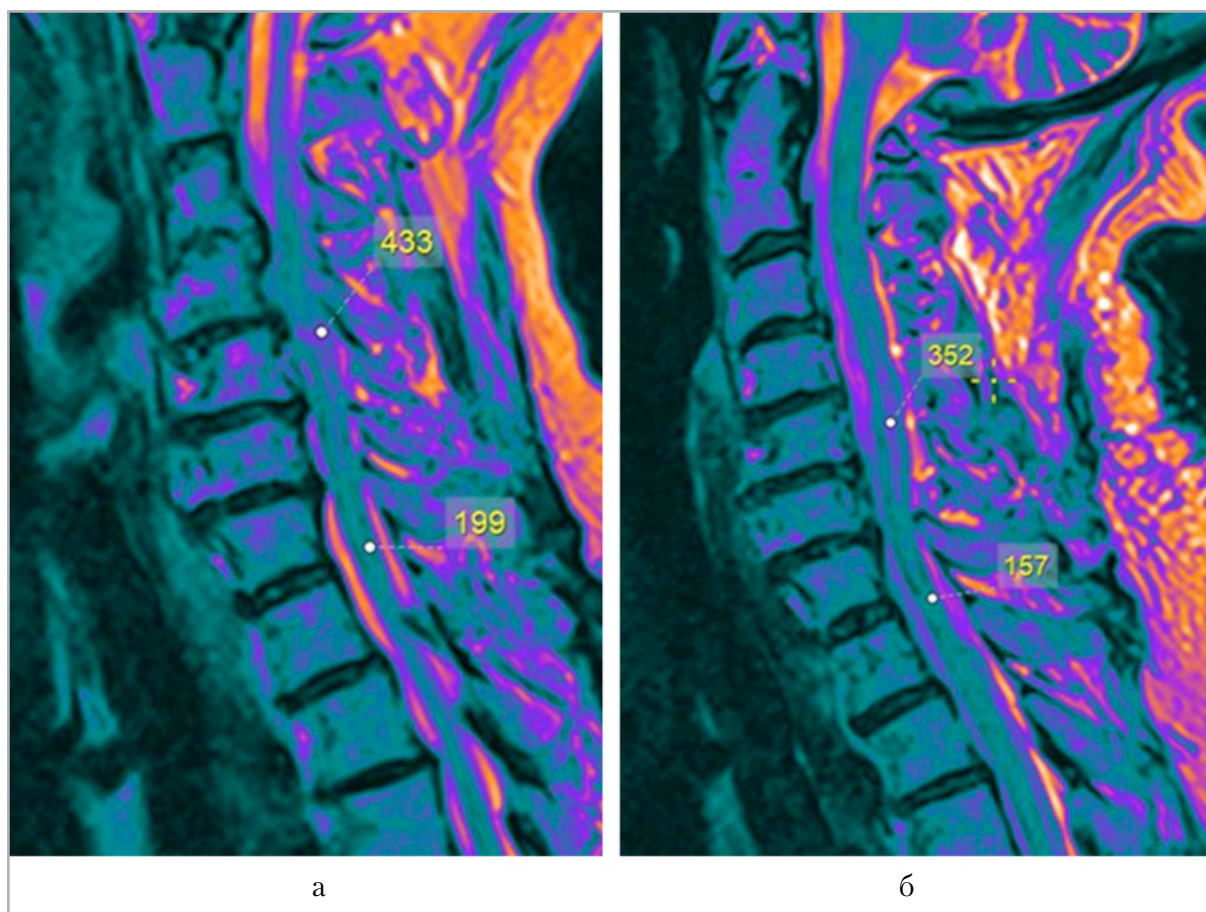


Рис. 6. Магнитно-резонансная томография шейного отдела позвоночника пациентки Б., 67 лет. Стеноз шейного отдела позвоночника. Сагиттальная плоскость. Т2ВИ. Картирование. Палитра pet. Измерение интенсивности сигнала в двух точках: в зоне миелопатии и на уровне диска CVII-Th1: *а* — до лечения; *б* — после лечения

получить визуализационно обогащенные изображения с целью определения состояния спинного мозга, тяжести дегенеративной миелопатии. Типичный признак «глаза змеи» на Т2ВИ МР-изображениях наиболее отчетливо проявлялся при использовании палитры perfusion, палитры pet и палитры hot metal blue color из набора цветовой карты. Использование цветового картирования позволяло не только выявить данный признак, но и более точно определить количественно степень интенсивности сигнала в зоне миелопатии, что позволяло в динамике оценить процессы, происходящие в спинном мозге после лечения. При изоинтенсивном сигнале в Т1ВИ и гиперинтенсивном в Т2ВИ можно говорить об отеке в зоне миелопатии, а при

гипоинтенсивном сигнале в Т1ВИ и гиперинтенсивном в Т2ВИ уже о миеломалации. Из 60 больных с миелопатией четко выраженный симптом «глаза змеи» выявлен у 28 больных. У некоторых пациентов определялась одна зона в виде очага повышенной интенсивности сигнала округлой формы на аксиальном срезе. Не все авторы согласны, что симптом «глаза змеи» может считаться прогностическим и свидетельствовать о негативном прогнозе, но сравнительная количественная оценка интенсивности сигнала в зоне миелопатии и в нейтральной зоне до лечения, после ламинопластики и в отдаленном периоде может использоваться для сравнения степени изменения спинного мозга [5, 8], поскольку коррелирует со степенью

восстановления после операции [6, 18]. В работе G. Scalia et al. (2023) указано, что признак «глаза змеи» обычно рассматривается как неблагоприятный прогностический маркер для хирургических пациентов с миелопатией, но патофизиология этого явления до конца еще неясна, и результаты не достигли единого уровня доказательности [20]. В исследовании T. H. Nam et al. (2021) сигнал повышенной интенсивности оценивали с помощью Ах-ССМ (axial imaging in cervical compressive myelopathy), на аксиальных изображениях Т2ВИ: тип 0, аномалия без сигнала; одноуровневый тип 1, диффузный; одноуровневый тип 2, нечеткий очаг; одноуровневый тип 3, дискретный очаг; и двухуровневый. Большинство послеоперационных изменений относились к одноуровневым типам 1 и 2 [16]. J. Y. You et al. (2015) считают, что дифференцированный подход к оценке сигнала повышенной интенсивности на основе классификации Ах-ССМ (axial imaging in cervical compressive myelopathy) будет иметь большую достоверность в оценке влияния протяженности зоны измененного сигнала на результаты лечения [21]. A. Nouri et al. (2017) обнаружили, что наиболее сильными предикторами послеоперационного неврологического исхода при МРТ были гипоинтенсивность, взвешенная по Т1 (отражающая кавитацию и потерю нейронов в сером и белом веществе), и величина компрессии спинного мозга [17]. Для точной оценки степени выраженности миелопатии разрабатываются более совершенные методы визуализации, такие как диффузионно-тензорная визуализация, перенос намагниченности, функциональная МРТ, водная фракция миелина, МР-спектроскопия. A. R. Martin et al. (2018), L. Grassner et al. (2019) считают, что МРТ должна быть обязательным методом исследования спинного мозга для решения вопроса о хирургическом лечении дегенеративной шейной миело-

патии (ДШМ), так же как МСКТ с усовершенствованной постпроцессорной обработкой данных [2, 12, 15].

Заключение

Результаты работы показали, что количественная оценка интенсивности сигнала от спинного мозга при стенозе может быть применена для оценки степени тяжести миелопатии и сравнения данных до и после лечения. Для более точного выявления очага наиболее интенсивного сигнала и повышения точности измерения целесообразно проводить цветное картирование изображений.

Список источников

1. Гуца А. О., Древаль М. Д., Юсупова А. Р., Арестов С. О., Петросян Д. В. Шейная спондилогенная миелопатия: 10-летний опыт лечения. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2021;15(2):21-28. <https://doi.org/10.25692/ACEN.2021.2.3>
2. Суфианов А. А., Набиев Д. Н., Бурцев А. В., Суфианов Р. А., Карсанова М. Т., Питеров В. В. МСКТ семиотика позвонков у больных со стенозом шейного отдела позвоночника. *Гений ортопедии*. 2024;30(3):353-361. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-3-353-361>. EDN: ETBFJW
3. Badhiwala J. H., Wilson J. R. The Natural history of degenerative cervical myelopathy. *Neurosurg. Clin. of N. Am.* 2018;29(1):21-32. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2017.09.002>
4. Bhosale S., Ingale P., Srivastava S., Marathe N., Bhide P. Diffusion tensor imaging as an additional postoperative prognostic predictor factor in cervical myelopathy patients: An observational study. *J. Craniovertebr Junction Spine*. 2019;10(1):10-13. https://doi.org/10.4103/jcvjs.JCVJS_77_18
5. Chen X., Shan T., Li Y. Prognostic effect of increased postoperative MRI T2WI high signal intensity in degenerative cervical myelopathy. *Spine J.* 2022;22(12):1964-

1973. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2022.07.097>
6. Dave B. R., Krishnan A., Rai R. R., Degulmadi D., Mayi S., Patidar V. Does MR Signal Intensity Change have Prognostic Value in Multilevel Cervical Myelopathy? A Single-Center, Prospective Study. *Neurol. India.* 2023;71(2):285-290. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.375382>
7. Dohle E., Beardall S., Chang A., Mena K. P. C., Jovanović L., Nath U., Lee K. S., Smith A. H., Thirunavukarasu A. J., Touzet A. Y., Norton E. J., Mowforth O. D., Kotter M. R. N., Davies B. M. Human spinal cord tissue is an underutilised resource in degenerative cervical myelopathy: findings from a systematic review of human autopsies. *Acta Neurochi.* 2023; 165(5):1121-1131. <https://doi.org/10.1007/s00701-023-05526-5>
8. Firempong G. K., Sheppard W. L., Gelfand Y., Ellingson B. M., Holly L. T. Spinal Cord Signal Intensity Predicts Functional Outcomes in the Operative Management of Degenerative Cervical Myelopathy. *Clin. Spine Surg.* 2023;36(10):438-443. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000001479>
9. Fontanella M. M., Zanin L., Bergomi R., Fazio M., Zattra C. M., Agosti E., Saraceno G., Schembari S., De Maria L., Quartini L., Leggio U., Filosto M., Gasparotti R., Locatelli D. Snake-Eye Myelopathy and Surgical Prognosis: Case Series and Systematic Literature Review. *J. Clin. Med.* 2020;9(7):2197. <https://doi.org/10.3390/jcm9072197>
10. Fotakopoulos G., Georgakopoulou V. E., Lempesis I. G., Papalexis P., Sklapani P., Trakas N., Spandidos D. A., Faropoulos K. Pathophysiology of cervical myelopathy (Review). *Biomed Rep.* 2023;19(5):84. <https://doi.org/10.3892/br.2023.1666>
11. Funaba M., Imajo Y., Suzuki H., Nishida N., Nagao Y., Sakamoto T., Fujimoto K., Sakai T. Impact of various MRI signal intensity changes on radiological parameters, the neurological status, and surgical outcomes in degenerative cervical myelopathy. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2021;207:106802. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2021.106802>
12. Grassner L., Wutte C., Zimmermann G., Grillhösl A., Schmid K., Weiß T., Maier W., Hauck S., Hollerith T., Vogel M., Bierschneider M., Vastmans J., Thomé C., Gonschorek O., Strowitzki M. Influence of Preoperative Magnetic Resonance Imaging on Surgical Decision Making for Patients with Acute Traumatic Cervical Spinal Cord Injury: A Survey Among Experienced Spine Surgeons. *World Neurosurg.* 2019;131:e586-e592. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.08.009>
13. He B., Sheldrick K., Das A., Diwan A. Clinical and Research MRI Techniques for Assessing Spinal Cord Integrity in Degenerative Cervical Myelopathy – A Scoping Review. *Biomedicines.* 2022; 10(10):2621. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10102621>
14. Hesni S., Baxter D., Saifuddin A. The imaging of cervical spondylotic myelodysplasia. *Skeletal Radiol.* 2023; 52(1):2341-2365. <https://doi.org/10.1007/s00256-023-04329-0>
15. Martin A. R., Tadokoro N., Tetreault L., Arocho-Quinones E. V., Budde M. D., Kurpad S. N., Fehlings M. G. Imaging evaluation of degenerative cervical myelopathy. *Neurosurg. Clin. of N. Am.* 2018;29 (1):33-45. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2017.09.003>
16. Nam T. H., Lee J. W., Yeom J. S., Lee E., Kang Y., Ahn J. M., Kang H. S. Increased signal intensity on postoperative T2-weighted axial images in cervical spondylotic myelopathy: Patterns of changes and associated impact on outcomes. *J. Clin. Neurosci.* 2021;90:244-250. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.06.007>
17. Nouri A., Martin A. R., Nater A. The influence of MRI features on surgical-decision making in degenerative cervical myelopathy: results from a global survey of AO Spine international members. *World Neurosurg.* 2017;105:864-874. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.06.025>

18. Ren H., Feng T., Wang L., Liu J., Zhang P., Yao G., Shen Y. Using a Combined Classification of Increased Signal Intensity on Magnetic Resonance Imaging (MRI) to Predict Surgical Outcome in Cervical Spondylotic Myelopathy. *Med. Sci. Monit.* 2021;27:e929417. <https://doi.org/10.12659/MSM.929417>
19. Sangondimath G., Mallepally A. R., Marathe N., Mak K. C., Salimath S. Degenerative cervical myelopathy: Recent updates and future directions. *J. Clin. Orthop Trauma.* 2020;11(5):822-829. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.07.012>
20. Scalia G., Costanzo R., Brunasso L., Garufi G., Bonosi L., Ricciardo G., Graziano F., Nicoletti G. F., Cardali S. M., Iacopino D. G., Maugeri R., Umana G. E. Correlation between "Snake-Eyes" Sign and Role of Surgery with a Focus on Postoperative Outcome: A Systematic Review. *Brain Sci.* 2023;10(13):301. <https://doi.org/10.3390/brainsci13020301>
21. You J. Y., Lee J. W., Lee E., Lee G. Y., Yeom J. S., Kang H. S. MR Classification System Based on Axial Images for Cervical Compressive Myelopathy. *Radiology.* 2015;276(2):553-61. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015142384>
22. Zhang J., Wang L., Wang S., Li J., Shen Y. Risk factors for poor outcome of surgery for cervical spondylotic myelopathy. *Spinal Cord.* 2016;54(12):1127-1131. <https://doi.org/10.1038/sc.2016.64>
- Russ.). <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-3-353-361>. EDN: ETBFJW
3. Badhiwala J. H., Wilson J. R. The Natural history of degenerative cervical myelopathy. *Neurosurg. Clin. of N. Am.* 2018;29(1):21-32. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2017.09.002>
4. Bhosale S., Ingale P., Srivastava S., Marathe N., Bhide P. Diffusion tensor imaging as an additional postoperative prognostic predictor factor in cervical myelopathy patients: An observational study. *J. Craniovertebr Junction Spine.* 2019;10(1):10-13. https://doi.org/10.4103/jcvjs.JCVJS_77_18
5. Chen X., Shan T., Li Y. Prognostic effect of increased postoperative MRI T2WI high signal intensity in degenerative cervical myelopathy. *Spine J.* 2022;22(12):1964-1973. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2022.07.097>
6. Dave B. R., Krishnan A., Rai R. R., Degulmadi D., Mayi S., Patidar V. Does MR Signal Intensity Change have Prognostic Value in Multilevel Cervical Myelopathy? A Single-Center, Prospective Study. *Neurol. India.* 2023;71(2):285-290. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.375382>
7. Dohle E., Beardall S., Chang A., Mena K. P. C., Jovanović L., Nath U., Lee K. S., Smith A. H., Thirunavukarasu A. J., Touzet A. Y., Norton E. J., Mowforth O. D., Kotter M. R. N., Davies B. M. Human spinal cord tissue is an underutilised resource in degenerative cervical myelopathy: findings from a systematic review of human autopsies. *Acta Neurochi.* 2023;165(5):1121-1131. <https://doi.org/10.1007/s00701-023-05526-5>
8. Firempong G. K., Sheppard W. L., Gelfand Y., Ellingson B. M., Holly L. T. Spinal Cord Signal Intensity Predicts Functional Outcomes in the Operative Management of Degenerative Cervical Myelopathy. *Clin. Spine. Surg.* 2023;36(10):438-443. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000001479>

References

1. Gushcha A. O., Dreval' M. D., Yusupova A. R., Arestov S. O., Petrosyan D. V. Cervical spondylogenic myelopathy: 10-year treatment experience. *Annals of Clinical and Experimental Neurology.* 2021;15(2):21-28. (In Russ.). <https://doi.org/10.25692/ACEN.2021.2.3>
2. Sufianov A. A., Nabiev D. N., Burtsev A. V., Sufianov R. A., Karsanova M. T., Piterov V. V. MSCT-semiotics of vertebrae in patients with cervical spine stenosis. *Genij Ortopedii.* 2024;30(3):353-361. (In

9. Fontanella M. M., Zanin L., Bergomi R., Fazio M., Zattra C. M., Agosti E., Saraceno G., Schembari S., De Maria L., Quartini L., Leggio U., Filosto M., Gasparotti R., Locatelli D. Snake-Eye Myelopathy and Surgical Prognosis: Case Series and Systematic Literature Review. *J. Clin. Med.* 2020;9(7):2197. <https://doi.org/10.3390/jcm9072197>
10. Fotakopoulos G., Georgakopoulou V. E., Lempesis I. G., Papalexis P., Sklapani P., Trakas N., Spandidos D. A., Faropoulos K. Pathophysiology of cervical myelopathy (Review). *Biomed Rep.* 2023;19(5):84. <https://doi.org/10.3892/br.2023.1666>
11. Funaba M., Imajo Y., Suzuki H., Nishida N., Nagao Y., Sakamoto T., Fujimoto K., Sakai T. Impact of various MRI signal intensity changes on radiological parameters, the neurological status, and surgical outcomes in degenerative cervical myelopathy. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2021;207:106802. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2021.106802>
12. Grassner L., Wutte C., Zimmermann G., Grillhösl A., Schmid K., Weiß T., Maier W., Hauck S., Hollerith T., Vogel M., Bierschneider M., Vastmans J., Thomé C., Gonschorek O., Strowitzki M. Influence of Preoperative Magnetic Resonance Imaging on Surgical Decision Making for Patients with Acute Traumatic Cervical Spinal Cord Injury: A Survey Among Experienced Spine Surgeons. *World Neurosurg.* 2019;131:e586-e592. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.08.009>
13. He B., Sheldrick K., Das A., Diwan A. Clinical and Research MRI Techniques for Assessing Spinal Cord Integrity in Degenerative Cervical Myelopathy-A Scoping Review. *Biomedicine.* 2022;10(10):2621. <https://doi.org/10.3390/biomedicine10102621>
14. Hesni S., Baxter D., Saifuddin A. The imaging of cervical spondylotic myeloradiculopathy. *Skeletal Radiol.* 2023; 52(1):2341-2365. <https://doi.org/10.1007/s00256-023-04329-0>
15. Martin A. R., Tadokoro N., Tetreault L., Arocho-Quinones E. V., Budde M. D., Kurpad S. N., Fehlings M. G. Imaging evaluation of degenerative cervical myelopathy. *Neurosurg. Clin. of N. Am.* 2018; 29(1):33-45. <https://doi.org/10.1016/j.neur.2017.09.003>
16. Nam T. H., Lee J. W., Yeom J. S., Lee E., Kang Y., Ahn J. M., Kang H. S. Increased signal intensity on postoperative T2-weighted axial images in cervical spondylotic myelopathy: Patterns of changes and associated impact on outcomes. *J. Clin. Neurosci.* 2021;90:244-250. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.06.007>
17. Nouri A., Martin A. R., Nater A. The influence of MRI features on surgical-decision making in degenerative cervical myelopathy: results from a global survey of AO Spine international members. *World Neurosurg.* 2017;105:864-874. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.06.025>
18. Ren H., Feng T., Wang L., Liu J., Zhang P., Yao G., Shen Y. Using a Combined Classification of Increased Signal Intensity on Magnetic Resonance Imaging (MRI) to Predict Surgical Outcome in Cervical Spondylotic Myelopathy. *Med. Sci. Monit.* 2021;27:e929417. <https://doi.org/10.12659/MSM.929417>
19. Sangondimath G., Malleshally A. R., Marathe N., Mak K. C., Salimath S. Degenerative cervical myelopathy: Recent updates and future directions. *J. Clin. Orthop Trauma.* 2020;11(5):822-829. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.07.012>
20. Scalia G., Costanzo R., Brunasso L., Garufi G., Bonosi L., Ricciardo G., Graziano F., Nicoletti G. F., Cardali S. M., Iacopino D. G., Maugeri R., Umana G. E. Correlation between "Snake-Eyes" Sign and Role of Surgery with a Focus on Postoperative Outcome: A Systematic Review. *Brain Sci.* 2023;13(2):301. <https://doi.org/10.3390/brainsci13020301>
21. You J. Y., Lee J. W., Lee E., Lee G. Y., Yeom J. S., Kang H. S. MR Classification System Based on Axial Images for Cervical Compressive

- Myelopathy. *Radiology*. 2015;276(2):553-61
<https://doi.org/10.1148/radiol.2015142384>
22. Zhang J., Wang L., Wang S., Li J., Shen Y.
Risk factors for poor outcome of surgery for
cervical spondylotic myelopathy. *Spinal Cord*. 2016;54(12):1127-1131. <https://doi.org/10.1038/sc.2016.64>

Сведения об авторах / Information about the authors

Суфианов Альберт Акрамович, доктор медицинских наук, профессор, главный врач ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Министерства здравоохранения РФ, заведующий кафедрой нейрохирургии Первого МГМУ им. И. М. Сеченова, Тюмень, Россия.

625032, г. Тюмень, ул. 4 км Червишевского тракта, д. 5.

+7 (3452) 293-707

Вклад автора: формулирование идеи, редактирование текста, работа над окончательным вариантом статьи.

Sufianov Albert Akramovich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief of the FSBI Federal Center for Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Head of the Department of Neurosurgery of the First Moscow State Medical University named after I. M. Sechenov, Tyumen, Russia.

5, str. 4 km Chervishevsky tract, Tyumen, 625032, Russia.

+7 (3452) 293-707

Author's contribution: formulating the idea, editing the text, working on the final version of the article.

Набиев Давид Нодарович, врач-нейрохирург высшей категории, заведующий отделением ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии Минздрава РФ, Тюмень, Россия.

625032, г. Тюмень, ул. 4 км Червишевского тракта, д. 5

+7 (3452) 293-707

Вклад автора: сбор материала, поиск публикаций по теме, анализ литературы, участие в обработке материала.

Nabiev David Nodarovich, neurosurgeon of the highest category, head of the department of the Federal Center for Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tyumen, Russia.

5, str. 4 km Chervishevsky tract, Tyumen, 625032, Russia.

+7 (3452) 293-707

Author's contribution: collection of material, search for publications on the topic, analysis of the literature, participation in processing the material.

Дьячков Константин Александрович, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник лаборатории рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики, заведующий рентгеновским отделением ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия.

640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6.

+7 (3522) 45-37-49

Вклад автора: создание метаданных; проверка воспроизводимости результатов исследований; применение статистических методов, работа с изображениями.

Diachkov Konstantin Alexandrovich, Doctor of Medical Sciences, the Leading Scientific Researcher, Head of Radiology Department FSBI «National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after Academician G. A. Ilizarov» of the Ministry of Russia, Kurgan, Russia.

6, M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia.

+7 (3522) 45-37-49

Authors' contribution: creating meta-data; checking results reproducibility; application of statistical methods, working with images.

Бурцев Александр Владимирович, доктор медицинских наук, директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Курган, Россия.

640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6.

+7 (3522) 44-35-03

Вклад автора: формулирование цели исследования, участие в написании текста, формирование заключения и выводов по материалу.

Burtsev Alexander Vladimirovich, Doctor of Medical Sciences, Director of the FSBI "National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician G. A. Ilizarov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kurgan, Russia.

6, M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia.

+7 (3522) 44-35-03

Author's contribution: formulation of the purpose of the study, participation in writing the text, formation of conclusions and conclusions based on the material.

Суфианов Ринат Альбертович, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры нейрохирургии Первого МГМУ им. И. М. Сеченова, врач-нейрохирург, Тюмень, Россия, врач отделения нейроонкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России, Москва Россия.

625032, г. Тюмень, ул. 4 км Червишевского тракта, д. 5.

+7 (3452) 293-707

Вклад автора: сбор материала, работа с изображениями и подрисуночными надписями, участие в написании текста, участие в обработке материала.

Sufianov Rinat Albertovich, PhD, assistant professor of the Department of Neurosurgery of the First Moscow State Medical University named after. I. M. Sechenova, neurosurgeon, Tyumen, Russia, doctor of the neuro-oncology department of the FSBI "N. N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology" of the Ministry of Health of Russia, Moscow Russia.

5, str. 4 km Chervishevsky tract, Tyumen, 625032, Russia.

+7 (3452) 293-707

Author's contribution: collection of material, work with images and captions, participation in writing the text, participation in processing the material.

Карсанова Мария Темболатовна, врач-нейрохирург ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава РФ, Тюмень, Россия.

625032, г. Тюмень, ул. 4 км Червишевского тракта, д. 5.

+7 (3452) 293-707

Вклад автора: сбор материала, участие в обработке материал, подготовка таблиц, работа с изображениями.

Karsanova Maria Tembolatovna, neurosurgeon of the Federal State Budgetary Institution of the Federal Center for Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tyumen, Russia.

5, str. 4 km Chervishevsky tract, Tyumen, 625032, Russia.

+7 (3452) 293-707

Author's contribution: collection of material, participation in processing the material, preparation of tables, work with images.

Статья поступила в редакцию 16.08.2024;
одобрена после рецензирования 08.09.2024;
принята к публикации 08.09.2024.

The article was submitted 16.08.2024;
approved after reviewing 08.09.2024;
accepted for publication 08.09.2024.