



РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИКО-НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ И ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С МОНОСЕГМЕНТАРНЫМ СТЕНОЗОМ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ БАЛЛЬНОЙ ШКАЛЫ ИНДИ

Е.П. Самойлов^{1,2}, А.В. Семенов^{1,2,3}, В.А. Сороковиков^{2,3}, С.Н. Ларионов³

¹Иркутская городская клиническая больница № 3, Иркутск, Россия;

²Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования, Иркутск, Россия;

³Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Иркутск, Россия

Цель исследования. Оценить способность индекса неврологических и дегенеративных изменений (ИНДИ) достоверно стратифицировать пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночника в зависимости от тактики лечения на основе ретроспективного анализа клиничко-неврологических и нейровизуализационных данных.

Материал и методы. Проведен скрининг 176 пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночного канала, проходивших лечение в нейрохирургическом стационаре, из них 77 случаев включили в исследование по predetermined критериям: группа 1 — консервативное лечение ($n = 22$), группа 2 — хирургическое лечение ($n = 41$), группа 3 — консервативное лечение, но выписаны без улучшения состояния под наблюдение ($n = 14$). Лечение пациентов проводили строго в соответствии с действующими клиническими рекомендациями «Дегенеративные заболевания позвоночника». Проведен статистический анализ различий между группами по шкале ИНДИ и оценена ее прогностическая значимость. ИНДИ использовали ретроспективно, на тактику лечения данные шкалы не повлияли.

Результаты. Группа 1 имела средний балл ИНДИ $2,58 \pm 1,46$; группа 2 — $6,30 \pm 1,36$; группа 3 — $2,90 \pm 0,36$. Пациенты группы 2 были моложе ($46,12 \pm 10,65$ против $53,90 \pm 10,66$ лет в группе 1; $p < 0,05$), у них наблюдались более выраженные парезы ($2,92 \pm 0,46$ против $1,63 \pm 1,50$; $p < 0,05$) и дегенеративные изменения ($p = 0$). Дискриминантный анализ подтвердил значимые различия между группами (лямбда Уилкса = 0,279; $p = 0$), при этом ИНДИ и суммарные неврологические изменения были наиболее дискриминирующими факторами ($F = 92,78$ и $92,47$ соответственно). Точность стратификации составила 93,5 %.

Заключение. Шкала ИНДИ позволяет проводить единую оценку выраженности неврологических расстройств и дегенеративных изменений позвоночно-двигательного сегмента по данным нейровизуализации. ИНДИ продемонстрировал хорошую способность разделять группы в ретроспективной выборке, однако нуждается в дальнейших проспективных исследованиях для валидации метода.

Ключевые слова: моносегментарный стеноз шейного отдела позвоночника; дегенеративные заболевания позвоночника; нейровизуализация; индекс неврологических и дегенеративных изменений (ИНДИ); хирургическое лечение позвоночника.

Для цитирования: Самойлов Е.П., Семенов А.В., Сороковиков В.А., Ларионов С.Н. Ретроспективный анализ клиничко-неврологических и дегенеративных изменений у пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночника на основе применения балльной шкалы ИНДИ // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 66–73. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.66-73>

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF CLINICAL, NEUROLOGICAL AND DEGENERATIVE CHANGES IN PATIENTS WITH SINGLE-LEVEL CERVICAL SPINAL STENOSIS BASED ON THE USE OF THE INDI SCALE

E.P. Samoilov^{1,2}, A.V. Semenov^{1,2,3}, V.A. Sorokovikov^{2,3}, S.N. Larionov³

¹Irkutsk City Clinical Hospital No. 3, Irkutsk, Russia;

²Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;

³Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russia

Objective. To evaluate the ability of the Index of Neurological and Degenerative Impairments (INDI) to reliably stratify patients with single-level cervical spinal stenosis depending on treatment tactics, through a retrospective analysis of clinical, neurological, and neuroimaging data.

Material and Methods. A total of 176 patients with single-level cervical spinal stenosis treated in a neurosurgical hospital were screened. Of these, 77 patients were included in the study based on predefined criteria: Group 1 — conservative treatment ($n = 22$), Group 2 — surgical treatment ($n = 41$), and Group 3 — patients who received conservative treatment but were discharged without improvement and placed under observation ($n = 14$). Patients were treated strictly in accordance with the current Russian Clinical Guidelines for Degenerative Spinal Diseases. A statistical analysis of differences between the groups was performed using the INDI scale, and its prognostic significance was assessed. The INDI scale was used retrospectively, and the scale data did not influence treatment decisions.

Results. Group 1 had an average INDI score of 2.58 ± 1.46 , Group 2 – 6.30 ± 1.36 , and Group 3 – 2.90 ± 0.36 . Patients in Group 2 were younger (46.12 ± 10.65 vs. 53.90 ± 10.66 years in Group 1; $p < 0.05$), had more pronounced paresis (2.92 ± 0.46 vs. 1.63 ± 1.50 ; $p < 0.05$) and more severe degenerative changes ($p = 0$). Discriminant analysis confirmed significant differences between the groups (Wilks' lambda = 0.279; $p = 0$), with INDI score and total neurological impairment score being the most discriminating factors ($F = 92.78$ and 92.47 , respectively). The stratification accuracy was 93.5%.

Conclusion. The INDI scale allows for a unified assessment of the severity of neurological disorders and degenerative changes of the spinal motion segment based on neuroimaging data. It demonstrated a good ability to differentiate between groups in a retrospective sample, however, further prospective studies are required to validate the method.

Key Words: single-level cervical spinal stenosis; degenerative spinal diseases; neuroimaging; Index of Neurological and Degenerative Impairments (INDI); spinal surgery.

Please cite this paper as: Samoilov EP, Semenov AV, Sorokovikov VA, Larionov SN. Retrospective analysis of clinical, neurological and degenerative changes in patients with single-level cervical spinal stenosis based on the use of the INDI scale. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(4):66–73. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.66-73>

Более трети населения Земли испытывают боль в шее длительностью более 3 мес. [1]. Дегенеративная патология шейного отдела позвоночника является главной причиной боли в шее, поражения нервных корешков и прилегающего спинного мозга [2].

Распространенность дегенеративных изменений позвоночника в нашей стране составляет 51,2 на 1000 населения [3], увеличивается с возрастом как у мужчин, так и у женщин, чаще всего встречается у людей в возрасте от третьего до пятого десятилетия жизни [4, 5]. Исходя из данных мировой литературы, дегенеративные изменения шейного отдела позвоночника (ШОП), в частности стенозирование позвоночного канала, в 65,5 % случаев имеют полисегментарный характер и возникают на уровне сегментов C_5-C_6 или C_6-C_7 [6, 7]. Сильная корреляция между возрастом и количеством пораженных уровней ($r = 0,77$; $p < 0,0001$) указывает на то, что дегенерация чаще становится многоуровневой именно с возрастом. Из этого можно сделать вывод, что моносегментарный стеноз ШОП – заболевание преимущественно трудоспособного населения, что делает его социально значимой проблемой [8].

Единое унифицированное, общепринятое определение моносегментарного дегенеративного стеноза ШОП в литературе отсутствует, встречаются различные критерии, варьирующие по комбинации клиническо-неврологических и МРТ-признаков. В настоящей работе мы используем

определение, взятое из действующих клинических рекомендаций Российской Федерации в рамках этой дефиниции, дегенеративный моносегментарный стеноз позвоночного канала на шейном уровне – это несоответствие вместимости костно-фиброзного футляра позвоночника его нервно-сосудистому содержанию на уровне одного позвоночно-двигательного сегмента (ПДС), возникающее вследствие патологического сужения центрального позвоночного канала, латерального кармана или межпозвонкового отверстия за счет вторжения костных, хрящевых или мягкотканых структур, проявляющееся клиническими симптомами компрессии и ишемии нервных корешков и/или спинного мозга [9].

Имеется большое количество клиническо-неврологических и нейровизуализационных шкал дегенеративных изменений ШОП. К примеру, для оценки болевого синдрома используется ВАШ, для определения функционального статуса при дегенеративно-дистрофических изменениях ШОП – Neck Disability Index, шкала оценки шейной миелопатии – European Myelopathy Score, для оценки функциональных исходов – шкала Neck Pain and Disability Scale.

Актуален вопрос применения данных шкал в клинической практике с целью объективизации неврологических синдромов и данных нейровизуализации. В частности, авторами данной статьи представлен индекс

неврологических и дегенеративных изменений (ИНДИ) ПДС.

Цель исследования – оценка способности ИНДИ достоверно стратифицировать пациентов с моносегментарным стенозом ШОП в зависимости от тактики лечения на основе ретроспективного анализа клиническо-неврологических и нейровизуализационных данных.

Материал и методы

Дизайн исследования: ретроспективное обсервационное когортное неконтролируемое, без рандомизации и ослепления.

Исследование проводилось в Иркутской городской клинической больнице № 3 с 2019 по 2024 г. В исследование включены 176 пациентов с диагнозом «моносегментарный стеноз ШОП», у которых ретроспективно (с помощью медицинских карт) проанализировали клиническо-неврологические данные с использованием шкалы ИНДИ. Исключали пациентов с сопутствующей патологией (позвоночно-спинальная травма в любом периоде, патологии центральной и периферической нервной системы в анамнезе – опухоли, инфекционные, демиелинизирующие заболевания, полинейропатии различной этиологии и т.д.), не включали пациентов с полисегментарными дегенеративными изменениями позвоночника или неполными медицинскими записями. Окончательную выборку составили 77 пациентов, у которых приме-

Таблица 1

Индекс неврологических и дегенеративных изменений позвоночно-двигательного сегмента

А		Б	
Неврологические изменения	Балл	Дегенеративные изменения	Балл
Нет боли	0	Изменения внутри диска; грыжи Шморля	0
Локальная боль в позвоночнике	1	Протрузия межпозвонкового диска	0,01
Корешковая боль (с иррадиацией в конечность) и/или нарушения чувствительности, и/или изменения рефлексов	2	Грыжа межпозвонкового диска	0,02
Двигательные нарушения (парез, паралич)	3	Латеральный стеноз от 2,7 мм и менее в косой сагиттальной проекции на шейном уровне, от 3 мм в диаметре — на поясничном уровне	0,03
Тазовые нарушения, полирадикулярный синдром	4	Сагиттальный стеноз от 12 мм и менее на шейном уровне, от 12 мм — на поясничном уровне	0,04

нено эффективное консервативное ($n = 22$) и хирургическое ($n = 41$) лечение, а также получавшие консервативное лечение, но выписанные без улучшения состояния под наблюдением ($n = 14$). Пациенты получали как хирургическое, так и консервативное лечение в условиях стационара. Выбор тактики лечения осуществляли строго в соответствии с клиническими рекомендациями «Дегенеративные заболевания позвоночника» [9].

Методы оценки

Для оценки неврологических и дегенеративных изменений использовали ИНДИ. Индекс является патентной работой авторов (приоритетная справка № 2024136118/14 (080205) «Способ оценки дегенеративных изменений позвоночного канала»). Проводили неврологическое обследование и нейровизуализацию (МСКТ, МРТ), данные суммировали в баллах по ИНДИ (табл. 1). ИНДИ применяли только ретроспективно для исследовательской стратификации и не использовали при выборе тактики лечения. Группы сформированы после анализа документации и статистической обработки.

Статистический анализ

Данные обрабатывали в Microsoft Excel 2019 и Statistica 10. Использовали критерий Манна – Уитни для сравнения групп и дискриминантный анализ для выявления предикторов принадлежности пациента к одной из трех

групп в рамках дискриминантной модели и точности стратификации. Статистическая мощность – 80 % при $p = 0,05$.

Этическая экспертиза не проводилась из-за ретроспективного характера и соответствия клиническим рекомендациям.

Результаты

Проведен скрининг 176 историй болезни пациентов с дегенеративной патологией ШОП. По указанным выше критериям были исключены 99 (56,24 %) медицинских карт. В исследование включены 77 пациентов с моносегментарным дегенеративным стенозом ШОП. Ретроспективно сформированы группы консервативного и хирургического лечения (группы 1 и 2): 36 и 41 человек соответственно.

Средний возраст пациентов в группах 1 и 2 составил $53,16 \pm 10,09$ и $46,12 \pm 10,65$ года соответственно. В группе 1 – 14 мужчин и 22 женщины, в группе 2 – 27 мужчин и 14 женщин.

В ходе непараметрического анализа выявлена существенная статистическая разница между группами по ряду признаков (табл. 2).

Выявлена статистически значимая разница между группами по возрасту ($53,16 \pm 10,09$ и $46,12 \pm 10,65$ года; $p < 0,05$), полу (преобладание мужчин в группе хирургически пролеченных пациентов см. выше; $p < 0,05$), выра-

женности неврологических и дегенеративных изменений по ИНДИ: в группе 2 пациенты чаще отмечали корешковую боль и изменение рефлексов ($1,55 \pm 0,84$ и 2 соответственно; $p < 0,05$), также в данной группе преобладал сагиттальный стеноз ($0,01333 \pm 0,01910$ и $0,02341 \pm 0,01995$ соответственно; $p < 0,05$).

Помимо этого, выявлена резкая статистическая разница ($p = 0$) по следующим признакам: наличие двигательных нарушений ($0,16 \pm 0,69$ и $2,92 \pm 0,46$ соответственно), суммарно неврологических изменений ($2,66 \pm 1,17$ и $6,24 \pm 1,35$), преобладание протрузий дисков в группе 1 ($0,005 \pm 0,050$ и 0) и грыж (как вариант, костно-хрящевых узлов) в группе 2 ($0,01 \pm 0,01$ и 0,02), суммарно дегенеративных изменений ($0,04 \pm 0,01$ и $0,06 \pm 0,01$), а также шкалы ИНДИ ($2,71 \pm 1,16$ и $6,30 \pm 1,36$ соответственно).

Эмпирическим путем была выделена группа 3, в которую вошли пациенты, получавшие консервативное лечение в соответствии с действующими клиническими рекомендациями, однако эффект от лечения оказался ниже ожидаемого, поэтому вопрос о дальнейшей тактике лечения оставался открытым.

Проведен дискриминантный анализ, в ходе которого статистически подтверждено существование третьей группы пациентов, которая значимо

Таблица 2

Непараметрический анализ групп 1 и 2

Параметр	Сум. ранг 1	Сум. ранг 2	U	Z (скорр.)	p-уров. (скорр.)	N1	N2	Двухстор. (точное p)
Возраст	1701	1302	441	3,03	0,0024	36	41	0,0022
Пол	1603	1400	539	2,34	0,0190	36	41	0,0422
Нет боли	1404	1599	738	–0,05	0,9900	36	41	—
Локальная боль	1417	1586	725	0,30	0,7650	36	41	0,8990
Корешковая боль/рефлексы	1240	1763	574	–3,16	0,0016	36	41	0,0952
Двигательные нарушения	725	2278	59	–8,03	0,0000	36	41	0,0000
Тазовые нарушения	1332	1671	666	–1,90	0,0576	36	41	0,4676
Суммарные неврологические изменения	719	2284	53	–7,49	0,0000	36	41	0,0000
Протрузия межпозвонкового диска	1773	1230	369	5,13	0,0000	36	41	0,0001
Грыжа межпозвонкового диска	1035	1968	369	–5,13	0,0000	36	41	0,0001
Латеральный стеноз	1400	1603	734	–0,035	0,9660	36	41	0,9700
Сагиттальный стеноз	1218	1785	552	–2,19	0,0284	36	41	0,0579
Суммарные дегенеративные изменения	975	2028	309	–4,68	0,0000	36	41	0,0000
ИНДИ	683	2320	17	–7,45	0,0000	36	41	0,0000

отличается от двух других групп. Формирование данной группы обусловлено следующими факторами:

– дискриминантный анализ показал, что среди общей выборки пациентов выделяется кластер (дополнительная группа), который не может быть однозначно отнесен ни к группе консервативного лечения, ни к группе хирургического вмешательства;

– выявлено, что такие информативные параметры ($p = 0$), как суммарные неврологические изменения, частота сагиттального, фораминального стеноза, а также значение ИНДИ, значимо дискриминируют (различают) вышеуказанные три группы (средняя лямбда Уилкса – 0,279374). При этом наиболее значимы ИНДИ и суммарные неврологические изме-

нения ($F = 92,78$ и $92,47$ соответственно; табл. 3).

Вклад выявленных признаков в межгрупповую дисперсию был признан значимым ($p = 0$; табл. 4).

Эти различия свидетельствуют о том, что группа 3 представляет эмпирически выделенную выборку пациентов, статистически отличающуюся от двух других (табл. 3, 4). Пациенты этой группы получали консервативное лечение (включая эпидуральные блокады) и находились под динамическим наблюдением; вопрос хирургии для них оставался открытым и выходил за рамки данного ретроспективного анализа.

Обособление группы 3 не является субъективным решением, а подтверждено формальными математически-

ми методами (дискриминантным анализом).

Дополнительный статистический анализ показал значимые различия между этой группой и двумя основными, что исключает случайность ее формирования.

Выделение группы 3 является логически обоснованным и статистически подтвержденным шагом. Данный кластер пациентов требует отдельного анализа, поскольку отличается по ряду признаков и может представлять собой особую категорию с неоднозначными показаниями к хирургическому или консервативному лечению.

Таким образом, группа 1 была поделена на две: финальная группа – 122 пациента, эффективно пролеченных консервативно, и груп-

Таблица 3

Параметры дискриминантного анализа для оценки значимости факторов

Параметр	Лямбда Уилкса	Лямбда частная	F-исключ.	p-уровень	Толер.	1-тол. (R-кв.)
ИНДИ	0,304793	0,276735	92,781750	0,000000	0,000002	0,999998
Суммарные неврологические изменения	0,304069	0,277394	92,476880	0,000000	0,000002	0,999998
Сагиттальный стеноз	0,264680	0,318675	75,898650	0,000000	0,009295	0,990705
Латеральный стеноз	0,243954	0,345748	67,175820	0,000000	0,015718	0,984282

Таблица 4

Статистические показатели канонического дискриминантного анализа

Функция	Собств. знач.	Канонич. R	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат	Степень свободы	p-уровень
1	6,544202	0,931369	0,0843470	179,279300	8	0,000000
2	0,571512	0,603051	0,636330	32,772800	3	0,000000

Таблица 5

Коэффициенты линейных классификационных функций

Параметр	Группа 1 ($p = 0,28571$)	Группа 2 ($p = 0,53247$)	Группа 3 ($p = 0,18182$)
ИНДИ	3187,33	5713,55	5299,93
Суммарные неврологические изменения	3184,18	5706,83	5295,48
Сагиттальный стеноз	3102,82	5634,36	5242,93
Латеральный стеноз	3047,86	5569,42	5158,93
Константа	25,66	80,87	62,89

па пациентов ($n = 14$), у которых после проведенного лечения вопрос о хирургическом вмешательстве остается открытым (в дальнейшем – группа 3).

После вторичного анализа были получены следующие результаты. В группах 1 и 2 выявлена статистически значимая разница по возрасту ($53,90 \pm 10,66$ и $46,12 \pm 10,65$ года; $p < 0,05$); в группе 1 преобладали протрузии диска ($0,008 \pm 0,003$ и 0; $p = 0$), в то время как в группе 2 чаще отмечали корешковую боль и изменения рефлексов ($1,27 \pm 0,98$ и 2; $p = 0$), двигательные нарушения ($1,63 \pm 1,50$ и $2,92 \pm 0,46$; $p = 0$), суммарно более выраженные неврологические изменения по ИНДИ ($2,54 \pm 1,47$ и $6,24 \pm 1,35$; $p = 0$), преобладание грыж и костнохрящевых разрастаний ($0,003 \pm 0,007$ и 0,020; $p = 0$), суммарно дегенеративных изменений ($0,04 \pm 0,01$ и $0,06 \pm 0,01$; $p = 0$) и большее значение индекса ($2,58 \pm 1,46$ и $6,30 \pm 1,36$; $p = 0$).

В группе 1 в сравнении с группой 3 корешковая боль наблюдалась реже ($1,27 \pm 0,98$ и 2,00; $p < 0,05$), чаще наблюдались протрузии дис-

ка ($0,008 \pm 0,003$ и 0,000; $p = 0$); значительно реже – грыжи диска ($0,003 \pm 0,007$ и 0,020; $p = 0$); в группе 3 суммарно дегенеративные изменения были более выражены ($0,040 \pm 0,010$ и $0,050 \pm 0,004$; $p < 0,05$), статистически значимо большее значение ИНДИ – 3 ($2,58 \pm 1,46$ и $2,90 \pm 0,36$; $p < 0,05$).

При сравнении групп 2 и 3 выявлено, что в группе 2 мужчин статистически больше, чем в группе 3 (27 мужчин и 14 женщин против 4 мужчин и 10 женщин соответственно; $p < 0,05$); в группе 2 чаще встречались парезы и параличи ($2,92 \pm 0,46$ и 0,00; $p = 0$), суммарно более выраженные по ИНДИ неврологические нарушения ($6,24 \pm 1,35$ и $2,85 \pm 0,36$; $p = 0$), более выраженные дегенеративные изменения ($0,060 \pm 0,010$ и $0,050 \pm 0,004$; $p < 0,05$) и большие значения ИНДИ ($6,30 \pm 1,36$ и $2,91 \pm 0,36$; $p = 0$).

В ходе дискриминантного анализа проведена оценка толерантности предикторов и возможных проблем мультиколлинеарности (табл. 4). Для расчета классификационных функций использовали четыре переменные: $X1$ – неврологические изменения по ИНДИ; $X2$ – латеральный стеноз;

$X3$ – сагиттальный стеноз; $X4$ – суммарное значение ИНДИ.

Анализ показал, что коэффициенты классификационных функций (табл. 5) имеют различные весовые значения, что свидетельствует о том, что предикторы вносят раздельный вклад в классификацию (табл. 4). Затем дополнительно проверена корреляция между переменными. Коэффициенты корреляции между предикторами не превышали критического уровня 0,7, что указывает на отсутствие выраженной мультиколлинеарности. Суммарное значение шкалы ИНДИ ($X4$) коррелировало с отдельными неврологическими изменениями ($X1$), но их одновременное включение в модель было обосновано с клинической точки зрения.

Таким образом, проблемы мультиколлинеарности не выявлены, включенные переменные могут рассматриваться как независимые предикторы в модели.

На основе коэффициентов линейных функций, представленных выше, определяются значения функций $F1$, $F2$ и $F3$ для групп 1, 2 и 3 соответственно формулам:

$$F1 = -25,66 - 3184,18 \times X1 - 3047,86 \times X2 - 3102,82 \times X3 + 3187,33 \times X4;$$

$$F2 = -80,87 - 5706,83 \times X1 - 5569,42 \times X2 - 5634,36 \times X3 + 5713,55 \times X4;$$

$$F3 = -62,89 - 5295,48 \times X1 - 5158,93 \times X2 - 5242,93 \times X3 + 5299,93 \times X4,$$

где $X1$ – суммарные неврологические изменения по ИНДИ (максимум 10 баллов); $X2$ – латеральный стеноз (0,03); $X3$ – сагиттальный стеноз (0,04); $X4$ – суммарное значение ИНДИ.

При значении $F1$ больше $F2$ и $F3$ пациенту проводится консервативное лечение (группа 1), при $F2$ больше $F1$ и $F3$ – показано хирургическое лечение (группа 2), при $F3$ больше $F1$ и $F2$ пациенту проводится консервативное лечение с последующим наблюдением и решением вопроса о хирургическом лечении при неэффективности консервативного.

Дополнительные результаты исследования

При проверке линейными классифицирующими функциями предва-

рительно проведенной разбивки объектов на три группы точность группирования составила 93,5 %. Точность диагностики по решающим правилам имеет достоверность 81,8 % для группы 1, 97,5 % – для группы 2, 100,0 % – для группы 3. Недостаточность точности диагностики объясняется переклещиванием этих групп.

Краткий пример: у пациента имеется локальная боль в позвоночнике – 1 балл; корешковая боль – 2 балла; парез в руке – 3 балла; тазовые нарушения – 4 балла; грыжа диска – 0,02 балла; латеральный стеноз – 0,03 балла; сагиттальный стеноз – 0,04 балла. Итого – А (10 баллов) + Б (0,09 балла) = 10,09 балла по ИНДИ.

По формуле: $X1 = 10$; $X2 = 0,03$; $X3 = 0,04$; $X4 = 10,09$.

$F1 = -25,66 - 3184,18 \times 10 - 3047,86 \times 0,03 - 3102,82 \times 0,04 + 3187,33 \times 10,09 = 77,13$.

$F2 = -80,87 - 5706,83 \times 105569,42 \times 0,03 - 5634,36 \times 0,04 + 5713,55 \times 10,09 = 108,03$.

$F3 = -62,89 - 5295,48 \times 10 - 5158,93 \times 0,03 - 5242,93 \times 0,04 + 5299,93 \times 10,09 = 94,05$.

$F2$ больше, чем $F1$ и $F3$: по ИНДИ пациенту показано хирургическое лечение. Пример иллюстрирует модельную классификацию принадлежности к группе по значениям функций.

Решение о лечении принимали независимо от ИНДИ, в соответствии с клиническими рекомендациями; здесь приводится исключительно исследовательская демонстрация работы модели.

Обсуждение

В ходе проведенного исследования удалось определить различные признаки, которые характеризуют каждую из рассмотренных групп.

Во-первых, выявлено, что те пациенты, которым выполнено хирургическое вмешательство, оказались моложе тех, кто лечился консервативно. Объяснить данное явление можно следующей закономерностью: с возрастом степень неврологических проявлений дегенеративной патологии позвоночника, в том числе

и моносегментарных поражений ШОП, уменьшается [10]. Это обусловлено различными причинами дегенерации нервных структур: дисциркуляторными, дисметаболическими, возрастными и т.д.

Во-вторых, статистически чаще хирургическое вмешательство переносили мужчины, в то время как консервативно чаще лечили женщин. Мужское население среднего возраста наиболее активно вовлечено в трудовую деятельность, в том числе в физический труд, поэтому является наиболее распространенной группой больных, подлежащих хирургическому лечению.

В-третьих, в группе пациентов, которым показано хирургическое вмешательство, статистически чаще выявляли неврологические проявления – корешковые боли, изменения рефлексов, двигательные нарушения (парезы, параличи). Помимо этого, значительно чаще наблюдались экстррузии дисков (в том числе костнохрящевые разрастания), осложненные сагиттальным стенозом позвоночного канала, и, напротив, в группе 1 чаще наблюдали невыраженное сдавление содержимого позвоночного канала (протрузии дисков). Все эти признаки имели решающую роль в принятии решения о хирургическом вмешательстве, что согласуется с действующими клиническими рекомендациями.

Выделение дополнительной группы 3 из группы 1 вытекало из статистической обработки данных. Кроме того, факт наличия группы больных, у которых вопрос об определении тактики лечения остается спорным, подтверждается клинической практикой. Согласно клиническим рекомендациям, такие пациенты подлежат консервативному лечению, при неэффективности которого предлагается хирургическое вмешательство.

После вторичной обработки данных между группами консервативного и хирургического лечения по-прежнему сохранялись общие тенденции: в группе 2 пациенты были младше в среднем на 7 лет, имели более выраженные неврологические (в том числе и двигательные

нарушения) и дегенеративные проявления. ИНДИ был значимо выше в группе 2. Однако прежняя разница по половому признаку в группах более не наблюдалась.

Между группами полностью консервативного лечения и группой 3, в которой вопрос о дальнейшей тактике лечения оставался спорным, также были выявлены статистические различия. В группе 3 чаще наблюдали корешковую боль и выявляли экстррузии дисков по сравнению группой 1, где в большей мере встречали протрузии и менее выраженные неврологические проявления. ИНДИ был более высоким в группе 3. Значимой разницы по возрасту и полу в группах не было.

Пациенты, перенесшие хирургическое вмешательство, в сравнении с теми больными, которым проведено консервативное лечение, но вопрос о дальнейшей тактике оставался открытым, также имели ряд различий. В данном случае в группе 2 было больше мужчин, резко преобладали парезы и параличи, что значительно реже встречалось в группе 3. Также суммарная величина дегенеративных изменений и ИНДИ были статистически выше в группе 2.

Таким образом, группы 1 и 2 резко различает разница в возрасте пациентов, степень неврологических и дегенеративных изменений, что определяет показания для хирургического лечения. Группу 3 обособляют два показателя: выраженность корешкового синдрома и дегенеративных изменений по сравнению с группой 1; значительно менее выраженный моторный дефицит и степень стеноза позвоночного канала в сравнении с группой 2.

Значение ИНДИ было статистически значимо различным во всех трех группах, что также их характеризует.

Для определения точности разделения пациентов по группам провели дискриминантный анализ. Было выявлено, что значения сагиттального, фораминального стеноза, а также значение ИНДИ значимо дискриминируют (различают) три группы, вклад этих признаков в межгрупповую дис-

персию подтвержден статистическими выкладками, указанными выше.

Далее с помощью формул мы определили значения функций $F1$, $F2$ и $F3$ для каждого конкретного пациента. На основании наибольшего значения F получили возможность распределить пациентов по соответствующим группам: при наибольшем $F1$ – группа 1 (консервативное лечение); $F2$ – группа 2 (хирургическое лечение); $F3$ – группа 3 (консервативное лечение с последующим определением тактики лечения при неэффективности).

Точность разбивки пациентов на группы в общем составила 93,5 %. Для группы 1 точность – приблизительно 82 %, для группы 2 – 97,5 %, для группы 3 – 100 %. Определенное снижение точности диагностики, более всего выраженной в группе 1, на наш взгляд, связано с тем, что некоторые пациенты имели пограничные значения шкалы ИНДИ, что затрудняло их точное распределение. В нескольких случаях клинические данные (например, выраженность болевого синдрома) противоречили алгоритму классификации, что требует дальнейшего уточнения пороговых значений шкалы.

Использование нового алгоритма выбора тактики лечения на основе ИНДИ может вызвать затруднение при ручном подсчете. Однако в виде программы-калькулятора или мобильного приложения данный метод будет удобен и легко применим в клиниче-

ской практике. Внедрение такой системы позволит автоматизировать процесс оценки пациентов, снизить субъективность интерпретации данных и упростить принятие решений врачами.

Полученные данные свидетельствуют, что ИНДИ хорошо различает группы в ретроспективной выборке. Эти результаты выглядят многообещающими с исследовательской точки зрения, однако необходимы проспективные исследования, внешняя валидация и сопоставление с признанными шкалами (например, mJOA/Nurick), прежде чем обсуждать их потенциальное прикладное использование.

Ограничения исследования. В данном исследовании есть ряд ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации полученных данных. Ретроспективный характер исследования ограничивает доказательность из-за возможных ошибок или неполных данных в медицинских картах. Проведение работы в одном центре снижает обобщаемость результатов, так как региональные особенности могли повлиять на тактику лечения. Шкала ИНДИ, использованная в анализе, не прошла проспективную валидацию и не сравнивалась с другими методами оценки, например Nurick или mJOA, что затрудняет подтверждение ее прогностической ценности. Небольшие выборки и отсутствие коррекции p -значений для множественных сравнений могут исказить статистические выводы. Кроме того, не учитывали влияние сопутствующих

заболеваний, таких как остеопороз или диабет, а также различия между хирургическими подходами, что требует дальнейшего изучения.

Заключение

Исследование продемонстрировало, что ИНДИ эффективно стратифицирует пациентов с моносегментарным стенозом ШОП. Ретроспективный анализ выявил три группы пациентов (подвергшихся консервативному лечению, хирургическому вмешательству и с неопределенной тактикой лечения), различающихся по клиническим и нейровизуализационным характеристикам. Точность стратификации составила 93,5 %, что подтверждает диагностическую и клиническую значимость ИНДИ. Метод позволяет интегрировать неврологические и дегенеративные данные в единую оценку, упрощая выбор тактики лечения. Для окончательной валидации и широкого внедрения ИНДИ в клиническую практику требуются дальнейшие проспективные исследования.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

1. Hurwitz EL, Randhawa K, Yu H, Côté P, Haldeman S. The Global Spine Care Initiative: a summary of the global burden of low back and neck pain studies. *Eur Spine J*. 2018;27(Suppl 6):796–801. DOI: 10.1007/s00586-017-5432-9
2. Shang Q, Wang D, Wang D, Peng P, Wang H, Jia H, Mao J, Gao C, Du M, He X, Ma Y, Zheng C, Yang L, Luo Z, Hu X. Facet joint degeneration – An initial procedure of the cervical spine degeneration. *JOR Spine*. 2023;6:e1241. DOI: 10.1002/jsp.21241
3. Чертков А.К., Кутепов С.М., Мухомов В.А. Лечение остеохондроза поясничного отдела позвоночника протезированием межпозвонковых дисков функциональными эндопротезами. *Травматология и ортопедия России*. 2000;(3):58–62. [Chertkov AK, Kutepov SM, Mukhomov VA. Treatment of lumbar spine osteochondrosis by intervertebral disc replacement with functional endoprotheses. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2000;(3):58–62.]
4. Sharrak S, Al Khalili Y. Cervical Disc Herniation. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. PMID: 31536225
5. Swanson BT, Creighton D. Cervical disc degeneration: important considerations for the manual therapist. *J Man Manip Ther*. 2022;30:139–153. DOI: 10.1080/10669817.2021.2000089
6. Sefo H, Ahmetpahic A, Hajdarpasic E, Barucija M, Muftic M. Surgical treatment of the patients with cervical disc herniation at Clinical Center of University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. *Med Arch*. 2021;75:116–121. DOI: 10.5455/medarch.2021.75.116-121

7. Guan Q, Xing F, Long Y, Xiang Z. Cervical intradural disc herniation: A systematic review. *J Clin Neurosci*. 2018;48:1–6. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.10.024
8. Tao Y, Galbusera F, Niemeyer F, Samartzis D, Voge D, Wilke HJ. Radiographic cervical spine degenerative findings: a study on a large population from age 18 to 97 years. *Eur Spine J*. 2021;30:431–443. DOI: 10.1007/s00586-020-06615-0
9. Крылов В.В., Усачев Д.Ю., Крутько А.В., Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Гринь А.А., Байков Е.С., Леонова О.Н., Генов П.Г., Бадалов Н.Г., Абдулкина Н.Г., Аверьянов Д.А., Волков И.В., Вострецова Ю.В., Герасименко М.Ю., Глебов М.В., Горячева К.В., Гуща А.О., Еремускин М.А., Кошелев Р.В., Мирютова Н.Ф., Новиков Ю.О., Сороковиков В.А., Шарнинова И.А., Яхьяев Д.М., Капровой С.В. *Дегенеративные заболевания позвоночника. Клинические рекомендации*. Москва, 2024. [Krylov VV, Usachev DY, Krutko AV, Konovalov NA, Nazarenko AG, Grin AA, Baykov ES, Leonova ON, Genov PG, Badalov NG, Abdulkina NG, Averyanov DA, Volkov IV, Vostretsova YuV, Gerasimenko MYu, Glebov MV, Goryacheva KV, Gushcha AO, Eremushkin MA, Koshelev RV, Miryutova NF, Novikov YuO, Sorokovikov VA, Sharinova IA, Yakhyayev DM, Kaprovoy SV. *Degenerative Diseases of the Spine. Clinical Recommendations*. Moscow, 2024. [Election resource]. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/826_1
10. 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. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2015;36:811–816. DOI: 10.3174/ajnr.A4173

Адрес для переписки:

Самойлов Егор Павлович
664007, Россия, Иркутск, ул. Тимирязева, 31,
Иркутская городская клиническая больница № 3,
samoilov1996@mail.ru

Address correspondence to:

Samoilov Egor Pavlovich
Irkutsk City Clinical Hospital No. 3,
31 Timiryazeva str., Irkutsk, 664007, Russia,
samoilov1996@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16.06.2025

Рецензирование пройдено 01.12.2025

Подписано в печать 03.12.2025

Received 16.06.2025

Review completed 01.12.2025

Passed for printing 03.12.2025

Егор Павлович Самойлов, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения, Иркутская городская клиническая больница № 3, Россия, 664007, Иркутск, ул. Тимирязева, 31; аспирант кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного последипломного образования, Россия, 664049, Иркутск, мкр-н Юбилейный, 100, eLibrary SPIN: 4432-0248, ORCID: 0009-0004-0937-409X, samoilov1996@mail.ru;

Александр Валерьевич Семенов, д-р мед. наук, заведующий отделением нейрохирургии, Иркутская городская клиническая больница № 3, Россия, 664007, Иркутск, ул. Тимирязева, 31; старший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, Борцов Революции, 1; доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного последипломного образования, Россия, 664049, Иркутск, мкр-н Юбилейный, 100, eLibrary SPIN: 6076-2010, ORCID: 0000-0002-2547-7812, 7enov2001@mail.ru;

Владимир Алексеевич Сороковиков, д-р мед. наук, проф., директор, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, Борцов Революции, 1; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного последипломного образования, Россия, 664049, Иркутск, мкр-н Юбилейный, 100, eLibrary SPIN: 8379-4458, ORCID: 0000-0002-9008-6383, svladimir10@gmail.com;

Сергей Николаевич Ларионов, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, Борцов Революции, 1, eLibrary SPIN: 6720-4117, ORCID: 0000-0001-9189-3323, snlar@mail.ru.

Egor Pavlovich Samoilov, neurosurgeon at the Neurosurgery Department of the Irkutsk City Clinical Hospital No. 3, 31 Timiryazeva str., Irkutsk, 664007, Russia; postgraduate student at the Department of Traumatology, Orthopedics, and Neurosurgery of the Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – branch of RMAPO, 100 Yubileiny District, Irkutsk, 664049, Russia, eLibrary SPIN: 4432-0248, ORCID: 0009-0004-0937-409X, samoilov1996@mail.ru;

Aleksandr Valeryevich Semenov, DMSc, Head of the Neurosurgery Department at the Irkutsk City Clinical Hospital No. 3, 31 Timiryazeva str., Irkutsk, 664007, Russia; senior researcher at the Neurosurgery Clinical Research Department of the Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, 1 Bortsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia; associate professor at the Department of Traumatology, Orthopedics, and Neurosurgery of the Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – branch of RMAPO, 100 Yubileiny District, Irkutsk, 664049, Russia, eLibrary SPIN: 6076-2010, ORCID: 0000-0002-2547-7812, 7enov2001@mail.ru;

Vladimir Alekseevich Sorokovikov, DMSc, Professor, director of the Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, 1 Bortsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia; head of the Department of Traumatology, Orthopedics, and Neurosurgery at the Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – branch of RMAPO, 100 Yubileiny District, Irkutsk, 664049, Russia, eLibrary SPIN: 8379-4458, ORCID: 0000-0002-9008-6383, svladimir10@gmail.com;

Sergey Nikolaevich Larionov, DMSc, leading researcher of the scientific and clinical department of neurosurgery of the Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, 1 Bortsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia, eLibrary SPIN: 6720-4117, ORCID: 0000-0001-9189-3323, snlar@mail.ru.