



ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СОМАТОСЕНСОРНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У ПАЦИЕНТОВ С МАЛОСИМПТОМНЫМИ ФОРМАМИ ЦЕНТРАЛЬНОГО СТЕНОЗА ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА НА ШЕЙНОМ УРОВНЕ

Н.А. Бобряков¹, Э.В. Середа^{1,2}, С.И. Петров^{1,2}, А.Х. Джумабаев¹, Ф.Г. Хамидуллин¹, А.М. Цыренжапов¹

¹Иркутская областная клиническая больница, Иркутск, Россия

²Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Иркутск, Россия

Цель исследования. Сравнительный анализ компонентов динамических соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) с верхних и нижних конечностей при различной степени центрального стеноза позвоночного канала на шейном уровне у пациентов с малосимптомным и бессимптомным течением заболевания.

Материал и методы. В ретроспективное моноцентровое исследование включили 56 пациентов (29 мужчин и 27 женщин; возраст $54,8 \pm 9,6$ года) с центральным стенозом позвоночного канала на шейном уровне, обследованных в 2019–2024 гг. В соответствии с классификацией Kang et al. пациентов разделили на 3 группы: 1-я степень — 25 человек, 2-я степень — 23 человека, 3-я степень — 8 человек. У всех пациентов исследовали ССВП с верхних и нижних конечностей в нейтральном положении, в положениях сгибания и разгибания в шейном отделе позвоночника под углом 45° . При регистрации динамических ССВП с верхних конечностей оценивали изменения амплитуды коркового компонента N20, спинального компонента N13, а также межпикового интервала N9–N20. При регистрации динамических ССВП с нижних конечностей оценивали изменения амплитуды коркового компонента P38. Помимо оценки абсолютных значений показателей, рассчитывали индекс изменения показателей.

Результаты. В нейтральном положении между 1-й и 3-й группами выявлены статистически значимые различия по амплитуде компонентов N20, N13, P38 и межпиковому интервалу N9–N20. Также статистически значимые различия выявлены между 2-й и 3-й группами по N20, N13, P38 и интервалу N9–N20. При этом статистически значимых различий между 1-й и 2-й группами не выявлено. При оценке динамических ССВП у пациентов 1-й группы статистически значимо снижалась амплитуда N20 в положении разгибания и нарастала длительность N9–N20 в положении сгибания. Во 2-й группе, помимо статистически значимого снижения амплитуды N20 в положении разгибания и увеличения N9–N20 в положении сгибания, отмечалось статистически значимое снижение амплитуды N13 как в положении сгибания, так и при разгибании. В 3-й группе выявлено статистически значимое снижение амплитуды N13 при разгибании и P38 при сгибании. При анализе индекса изменения показателей значимых различий между группами не выявлено, однако зафиксированы статистически значимые различия для интервала N9–N20 между 1-й и 3-й группами, а также между 2-й и 3-й группами без статистически значимых различий между 1-й и 2-й группами.

Заключение. Применение динамических ССВП позволяет объективно оценить степень повреждения шейного отдела спинного мозга у пациентов с малосимптомным течением центрального стеноза позвоночного канала на шейном уровне различной степени. Необходимы дальнейшие мультицентровые исследования для уточнения референтных значений показателей динамических ССВП и с их учетом разработка четких критериев отбора кандидатов для хирургического лечения.

Ключевые слова: центральный стеноз позвоночного канала; малосимптомная компрессия шейного отдела спинного мозга; динамические соматосенсорные вызванные потенциалы.

Для цитирования: Бобряков Н.А., Середа Э.В., Петров С.И., Джумабаев А.Х., Хамидуллин Ф.Г., Цыренжапов А.М. Исследование динамических соматосенсорных вызванных потенциалов у пациентов с малосимптомными формами центрального стеноза позвоночного канала на шейном уровне // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 2. С. 75–82.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.2.75-82>

STUDY OF DYNAMIC SOMATOSENSORY EVOKED POTENTIALS IN PATIENTS WITH ASYMPTOMATIC CENTRAL CERVICAL SPINAL STENOSIS

N.A. Bobriakov¹, E.V. Sereda^{1,2}, S.I. Petrov^{1,2}, A.Kh. Dzhumabaev¹, F.G. Khamidullin¹, A.M. Tsyrenzhapov¹¹Irkutsk Regional Clinical Hospital, Irkutsk, Russia²Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – a branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Irkutsk, Russia

Objective. To perform comparative analysis of the components of dynamic somatosensory evoked potentials (DSSEP) from the upper and lower extremities with varying grades of central cervical spinal stenosis (CSS) in patients with mildly symptomatic and asymptomatic course of the disease.

Material and Methods. The retrospective monocentric study included 56 patients (29 men and 27 women; age 54.8 ± 9.6 years) with CSS examined in 2019–2024. In accordance with the grading system of Kang et al., patients were divided into three groups: Group 1 included 25 patients with grade 1, Group 2 – 23 people with grade 2, and Group 3 – 8 patients with grade 3. All patients underwent DSSEP examination from the upper and lower extremities in the neutral position and in flexion and extension positions of the neck at an angle of 45°. Changes in the amplitude of the cortical peak N20, the spinal peak N13 and the interpeak interval N9–N20 were assessed when recording dynamic DSSEPs from the upper extremities. The changes in the amplitude of the cortical peak P38 were assessed when recording DSSEPs from the lower extremities. In addition to assessing the absolute values of the indicators, the index of change in the indicators was calculated.

Results. In the neutral position, statistically significant differences were found between groups 1 and 3 in the amplitude of the N20, N13 and P38 components and the N9–N20 interpeak interval. Statistically significant differences were also found between groups 2 and 3 in N20, N13, P38 peaks and the N9–N20 interval. At the same time, statistically significant differences were not found between Groups 1 and 2. When assessing the dynamic SSEPs, patients in Group 1 showed a statistically significant decrease in the N20 amplitude in the extension position and an increase in the N9–N20 latency in the flexion position. In Group 2, in addition to a statistically significant decrease in the N20 amplitude in the extension position and an increase in N9–N20 latency in the flexion position, a statistically significant decrease in the N13 amplitude was noted both in the flexion position and during extension. In Group 3, a statistically significant decrease in the amplitude of N13 during extension and of P38 during flexion was revealed. When analyzing the index of change in the indicators, no significant differences were found between the groups, however, statistically significant differences were recorded for the N9–N20 interval between Group 1 and Group 3, as well as between Group 2 and Group 3 without statistically significant differences between Group 1 and Group 2.

Conclusion. The use of dynamic SSEPs allows for an objective assessment of the degree of damage to the cervical spinal cord in patients with asymptomatic central stenosis of the cervical spinal canal of varying grades. Further multicenter studies are needed to clarify the reference values of dynamic SSEP parameters and, taking them into account, to develop clear criteria for selecting candidates for surgical treatment.

Key Words: central stenosis of the spinal canal; asymptomatic compression of the cervical spinal cord; dynamic somatosensory evoked potentials.

Please cite this paper as: Bobriakov NA, Sereda EV, Petrov SI, Dzhumabaev AKh, Khamidullin FG, Tsyrenzhapov AM. Study of dynamic somatosensory evoked potentials in patients with asymptomatic central cervical spinal stenosis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2025;22(2):75–82. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.2.75-82>

Спондилогенная цервикальная миелопатия – заболевание, в основе которого лежит дисфункция шейного отдела спинного мозга вследствие его статической и динамической компрессии, а также растяжения в результате дегенеративных изменений межпозвонковых дисков, фасеточных суставов, задней продольной и желтой связок, спондилеза, с развитием приобретенного центрального стеноза позвоночного канала на уровне одного или нескольких позвоночно-двигательных сегментов (ПДС) шейного отдела позвоночника (ШОП), имеющее различные клинические проявления [1, 2]. Рутинная нейровизи-

зуализация, включающая МРТ и МСКТ ШОП, позволяет выявить стеноз позвоночного канала и аномалии сигнала при поражении шейного отдела спинного мозга [1]. Динамическое МРТ-исследование позволяет выявить признаки растяжения и/или переднего сдавления спинного мозга остеофитными шипами и выбухающими дисками во время сгибания, а также заднего сдавления дугой позвонка и гипертрофированной желтой связкой во время разгибания [3]. В ряде случаев в силу компенсаторных возможностей даже при наличии выраженных морфологических изменений клинические проявления могут

быть весьма неспецифичны или вовсе отсутствовать на момент осмотра, однако с течением времени с определенной частотой трансформироваться в спондилогенную цервикальную миелопатию с развернутой клинической картиной [1]. Нейрофизиологические исследования, использующиеся для оценки проведения нервного импульса по центральным и периферическим невральным структурам, в данном случае существенно дополняют данные МРТ и позволяют решить следующие задачи:

- выявление и количественная оценка дисфункции шейного отдела спинного мозга;

- исключение других нервно-мышечных заболеваний, имитирующих цервикальную миелопатию;
- прогноз прогрессирования неврологического дефицита;
- отбор кандидатов для хирургии;
- объективная количественная оценка результатов декомпрессивных операций.

Среди целого ряда методик, используемых с этой целью, с которыми подробнее можно ознакомиться в обзоре Yu et al. [1], соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП) являются наиболее изученным и доступным исследованием. Еще в 1979 г. El Negamy et al. [4] впервые зарегистрировали статистически значимое увеличение латентности спинального компонента ССВП с верхних конечностей у пациентов с цервикальной миелопатией в сравнении со здоровыми испытуемыми. По мере накопления данных и с внедрением в клиническую практику методов нейровизуализации было показано, что снижение амплитуды и/или увеличение латентности компонентов ССВП с верхних и/или нижних конечностей у пациентов с бессимптомной компрессией шейного отдела спинного мозга является фактором риска появления или ухудшения клинической симптоматики в течение года и помогает с определенной долей вероятности прогно-

зировать развитие спондилогенной цервикальной миелопатии [5]. Внедрение в практику динамических ССВП (дССВП) с целью объективной оценки проводимости шейного отдела спинного мозга при различных положениях шеи открывает новые перспективы для прогнозирования развития цервикальной миелопатии и отбора для хирургического лечения пациентов с малосимптомным течением заболевания [6]. Предложены коэффициенты динамического изменения амплитуды коркового и спинального компонентов ССВП в положении сгибания и разгибания ШОП, путем статистической обработки рассчитаны их предельные значения, однако исследования выполнены на ограниченном количестве пациентов [7]. Более того, в литературе мы не встретили работ, посвященных изучению дССВП с различной степенью центрального стеноза позвоночного канала на шейном уровне.

Цель исследования – сравнительный анализ компонентов дССВП с верхних и нижних конечностей при различной степени центрального стеноза позвоночного канала на шейном уровне у пациентов с малосимптомным и бессимптомным течением заболевания.

Тип публикации – оригинальная статья. Уровень доказательности исследования – IV.

Материал и методы

В ретроспективное моноцентровое исследование включено 56 пациентов (29 мужчин и 27 женщин; средний возраст – $54,8 \pm 9,6$ года), обследованных в 2019–2024 гг. Ведущей причиной, заставившей пациентов пройти обследование, являлся болевой синдром по типу цервикалгии у 15 (26,8 %) пациентов и цервикобрахиалгии – у 31 (55,4 %), другие причины – у 7 (12,5 %), без симптомов в качестве скрининга – 3 (5,4 %). При исследовании неврологического статуса у всех пациентов отсутствовали развернутые объективные симптомы миелопатии: пирамидные знаки, двигательные и чувствительные нарушения, вегетативно-трофические нарушения, тазовые расстройства и др. Всем пациентам выполнили МРТ ШОП, по данным которой выявили центральный стеноз позвоночного канала на шейном уровне. В соответствии с классификацией Kang et al. [3] пациентов разделили на 3 группы по степени стеноза: 1-я степень – 25 человек (15 мужчин и 10 женщин, $52,4 \pm 9,9$ года), 2-я степень – 23 человека (9 мужчин и 14 женщин, $56,3 \pm 8,6$ года), 3-я степень – 8 человек (5 мужчин и 3 женщины, $57,8 \pm 10,4$ года). Пациенты с многоуровневым стенозом распределялись по группам в соответствии с тем ПДС,

Таблица 1

Характеристика групп пациентов

Параметры	1-я группа	2-я группа	3-я группа	p
Количество пациентов, n	25	23	8	–
Возраст, лет	$52,4 \pm 9,9$	$56,3 \pm 8,6$	$57,8 \pm 10,4$	>0,05
Пол, n (%)				0,284
мужской	15 (60,0)	9 (39,1)	5 (62,5)	
женский	10 (40,0)	14 (60,9)	3 (37,5)	
Количество ПДС, n (%)				0,554
одноуровневый стеноз	14 (56,0)	10 (43,5)	5 (62,5)	
многоуровневый стеноз	11 (44,0)	13 (56,5)	3 (37,5)	
mJOA	17 (17–18)**	17 (16–18)*	16 (14,8–17)	<0,05

** Статистически значимые различия между 1-й и 3-й группами при $p < 0,05$; * статистически значимые различия между 2-й и 3-й группами при $p < 0,05$; ПДС – позвоночно-двигательный сегмент; mJOA – модифицированная шкала Японской ортопедической ассоциации.

Таблица 2

Классификация изменений корковых компонентов соматосенсорных вызванных потенциалов соответственно степени риска клинического ухудшения в течение года у пациентов с центральным стенозом шейного отдела позвоночника [5]

Частота встречаемости прогрессирования симптомов миелопатии	ССВП ВК	ССВП НК	ССВП ВК + НК
Класс I: нормальные лат. и ампл. ССВП с ВК и НК	2,6 %	18,8 %	0,0 %
Класс II: нормальная лат., снижена ампл. с ВК или НК	27,7 %	39,4 %	13,7 %
Класс III: нормальная ампл., увеличена лат. с ВК или НК	23,8 %	42,3 %	24,3 %
Класс IV: нормальная ампл., увеличена лат. с ВК и НК	86,7 %	83,3 %	91,1 %
Класс V: увеличена лат., снижена ампл. с ВК и/или НК	100,0 %	100,0 %	100,0 %

ССВП – соматосенсорные вызванные потенциалы; ВК – верхние конечности; НК – нижние конечности; лат. – латентность, ампл. – амплитуда.

в котором отмечалась наиболее выраженная степень стеноза. Группы статистически значимо не отличались по возрасту, полу и количеству ПДС, вовлеченных в патологический процесс. Клинический статус оценивали по модифицированной шкале Японской ортопедической ассоциации (m-JOA), степень дисфункции варьировала от легкой в 1-й и 2-й группах до умеренной в 3-й группе, средний балл в которой был статистически значимо ниже, чем в 1-й и 2-й группах (табл. 1).

Критерии исключения: наличие клинической картины тяжелой спондилогенной цервикальной миелопатии (менее 12 баллов по шкале m-JOA), наличие других заболеваний нервнойно-мышечной системы, обусловливающих тяжесть состояния пациента и прева-лировавших в клинической картине.

Всем пациентам проводили исследование ССВП с верхних и нижних конечностей в положении лежа в нейтральной позиции на ровной поверхности, в позициях сгибания и разгибания в ШОП под углом 45°. Угол наклона регулировали с помощью подголовника кушетки и мягкой подставки для головы, использующейся при МСКТ-исследовании. ССВП с верхних конечностей регистрировали путем ритмической стимуляции срединного нерва кожными электродами, импульсами прямоугольной формы длительностью 0,2 мс, частотой 4,7–5,1 Гц, сила стимула 10–15 мА. Регистрировали усредненные ответы в следующих отведениях международной системы 10–20: ипсилатеральная – контралатеральная точки Эрба, остистый отросток

C₂ позвонка – Fz и отведения C3'/C4'–C4'/C3' в зависимости от стороны стимуляции. При регистрации дССВП с верхних конечностей оценивали изменения амплитуды компонентов N20, N13, а также времени центрального соматосенсорного проведения – межпикового интервала (МПИ) N9–N20.

ССВП с нижних конечностей регистрировали путем ритмической стимуляции большеберцового нерва со сходными параметрами, силой тока до 15–45 мА, регистрировали усредненные ответы в отведении Pz'–Fz международной системы 10–20. При регистрации дССВП с ниж-

Таблица 3

Показатели динамических соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП)

Компоненты ССВП	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Амп. N20 neutral, мкВ	2,8 (2,0–3,5) ⁺⁺	2,4 (1,8–3,7) ⁺	1,5 (0,9–2,9)
Амп. N20 flexion, мкВ	2,8 (2,0–3,6) ^{**}	2,4 (1,8–3,5) [*]	1,7 (0,8–2,8)
Амп. N20 extension, мкВ	2,6 (1,8–3,4) ^{↓**}	2,3 (1,7–3,7) ^{↓*}	1,7 (1,1–2,6)
ИИП, %	8,4 (4,0–14,2)	11,3 (5,0–17,6)	9,0 (4,6–21,7)
Амп. N13 neutral, мкВ	2,5 (1,8–3,1) ⁺⁺	2,5 (1,9–3,0) ⁺	1,8 (1,5–2,1)
Амп. N13 flexion, мкВ	2,5 (2,0–2,9) ⁺⁺	2,4 (2,0–3,1) ^{↓+}	1,8 (1,3–2,0)
Амп. N13 extension, мкВ	2,5 (1,9–3,4) ⁺⁺	2,4 (1,7–2,9) ^{↓+}	1,5 (1,2–2,1) ^{↓↓}
ИИП, %	14,4 (5,5–39,2)	14,2 (6,2–33,0)	19,0 (7,2–26,0)
Амп. N9–N20 neutral, мкВ	9,2 (8,9–9,7) ⁺⁺	9,3 (8,9–9,7) ⁺	10,8 (10–11,5)
Амп. N9–N20 flexion, мкВ	9,4 (9,0–10,0) ^{↓↓++}	9,4 (9,0–10,0) ^{↓↓+}	10,5 (9,9–11,3)
Амп. N9–N20 extension, мкВ	9,3 (8,8–9,8) ^{**}	9,3 (8,8–9,9) ⁺	10,6 (9,2–11,6)
ИИП, %	3,0 (1,4–6,5) ⁺⁺	2,2 (1,2–4,3) ⁺	5,9 (4,5–12,0)
Амп. P38 neutral, мкВ	0,83 (0,65–1,27) ⁺⁺	1,1 (0,5–1,7) ⁺	0,58 (0,42–0,73)
Амп. P38 flexion, мкВ	0,85 (0,57–1,18) ⁺⁺	0,91 (0,47–1,86) ⁺	0,52 (0,23–0,57) [↓]
Амп. P38 extension, мкВ	0,84 (0,66–1,17) ⁺⁺	0,90 (0,47–1,7) [*]	0,57 (0,38–0,76)
ИИП, %	16,9 (7,1–35,2)	11,8 (6,9–27,5)	15,8 (6,6–36,5)

Neutral – регистрация ССВП в нейтральной позиции шеи; flexion – регистрация ССВП в положении сгибания; extension – регистрация ССВП в положении разгибания; ИИП – индекс изменения показателей; МПИ – межпиковый интервал; Амп. – амплитуда; * статистически значимые различия между 2-й и 3-й группами, p < 0,05; ** статистически значимые различия между 1-й и 3-й группами, p < 0,05; + статистически значимые различия между 2-й и 3-й группами, p < 0,01; ++ статистически значимые различия между 1-й и 3-й группами, p < 0,01; ↓ статистически значимые различия показателей ССВП в положении сгибания/разгибания в сравнении с нейтральным положением шеи, p < 0,05; ↓↓ статистически значимые различия показателей ССВП в положении сгибания/разгибания в сравнении с нейтральным положением шеи, p < 0,01.

них конечностей оценивали изменения амплитуды компонента Р38. По латентности и амплитуде компонентов ССВП, зарегистрированных в нейтральном положении, пациентов классифицировали по степени риска прогрессирования миелопатии в течение года (табл. 2).

Помимо оценки абсолютных значений показателей, рассчитывали индекс изменения показателей (ИИП) по Qi et al. [7] как для амплитуды компонентов N20, N13 и Р38, так и для дифференцированной латентности МПИ N9–N20: (показатель положения сгибания – показатель положения разгибания) / показатель нейтрального положения × 100. Регистрацию ССВП проводили при помощи 4-канальных электронейромиографов Нейро-МВП-4 (Нейрософт, Россия) и Viking Quest v11.0 (Nicolet Biomedical, США).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью онлайн-каль-

куляторов веб-ресурсов <https://www.psychol-ok.ru/>, <http://www.medstatistic.ru/>, <https://www.statskingdom.com/>, а также программы Microsoft Excel. Сравнение количественных показателей между группами выполняли с помощью критерия Стьюдента в случае нормального распределения или Манна – Уитни в случае ненормального распределения. Для определения нормальности распределения данных в группах использовали тест Шапиро – Уилка. Распределение считали нормальным при значении $p \geq 0,05$. Сравнение групп по качественным показателям проводили с помощью критерия χ^2 . Исследование динамики в группах выполняли с использованием критерия Мак-Немара. Все различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Количественные данные в случае ненормального распределения представлены в виде Ме (Q1–Q3), где Ме – медиана, Q1 – первый квартиль, Q3 – третий квартиль; в случае нор-

мального распределения – как $M \pm \sigma$, где M – среднее значение, σ – стандартное отклонение. Качественные показатели представлены в виде абсолютных и относительных частот.

Результаты

Латентность и амплитуда компонентов ССВП с верхней и нижней конечностей в нейтральной позиции, в положениях сгибания и разгибания представлены в табл. 3. При исследовании ССВП с верхней и нижней конечностей амплитуда компонентов N20 и N13 в 3-й группе была статистически значимо ниже, чем в 1-й и 2-й группах, хотя во всех трех группах медиана показателей была в пределах референтных значений. МПИ N9–N20, отражающий время центрального соматосенсорного проведения, в 3-й группе был статистически значимо выше, чем в 1-й и 2-й группах, а медиана превышала референтные значения (10,8 мс при норме 8,7–9,7 мс). При исследовании ССВП с нижней конечностей в нейтральном положении амплитуда компонента Р38 в 3-й группе была статистически значимо ниже, чем в 1-й и 2-й группах, во всех группах медиана показателя также была в пределах референтных значений. Значимых различий по вышеописанным показателям между 1-й и 2-й группами выявлено не было. Распределение ССВП по классам (рис.) также показало преобладание количества пациентов с высоким риском прогрессирования миелопатии в течение года в 3-й группе, тогда как в 1-й и 2-й группах преобладали пациенты с низким и умеренным риском. При оценке дССВП абсолютные средние значения амплитуды компонентов N20 и N13 в положениях сгибания и разгибания в 3-й группе были статистически значимо ниже, а МПИ N9–N20 – статистически значимо выше, чем в 1-й и 2-й группах, при этом не было статистически значимых различий между 1-й и 2-й группами. При исследовании динамики показателей у пациентов 1-й группы статистически значимо снижалась амплитуда N20 в положении раз-

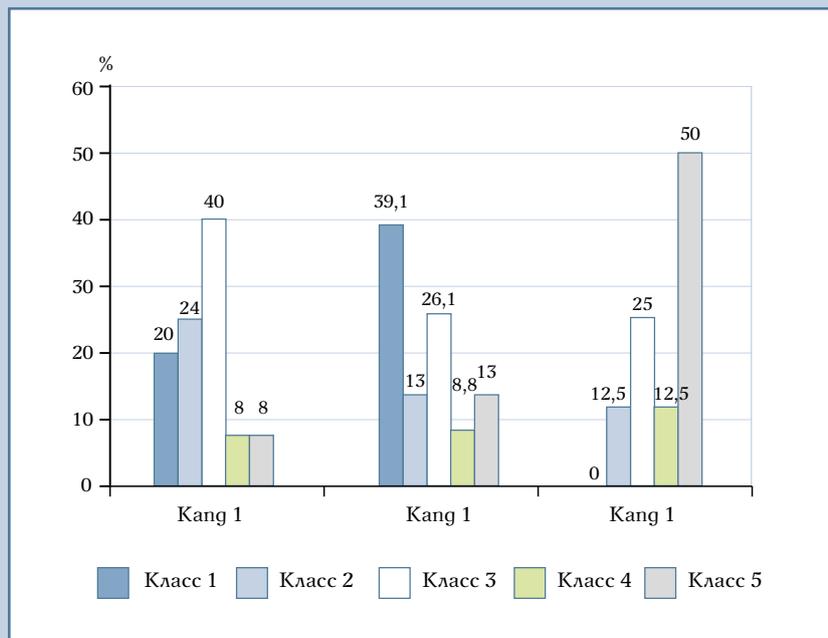


Рис.

Риск прогрессирования миелопатии в течение года по Feng et al. [5] у пациентов с различной степенью центрального стеноза позвоночного канала на шейном уровне: класс 1–5 – степени риска прогрессирования миелопатии в течение года; Канг 1, 2, 3 – степени спинального стеноза на шейном уровне по Kang et al. [3]

гибания и нарастала длительность МПИ N9–N20 в положении сгибания; во 2-й группе к вышеупомянутым изменениям, характерным для 1-й группы, присоединилось статистически значимое снижение амплитуды N13 как в положении сгибания, так и в положении разгибания. В 3-й группе выявлено лишь статистически значимое снижение амплитуды N13 в положении разгибания и амплитуды P38 в положении сгибания. При анализе ИИП значимых различий амплитудного индекса между группами не выявлено, однако ИИП для МПИ N9–N20 в 3-й группе был статистически значимо выше, чем в 1-й и 2-й группах, также без статистически значимых различий между 1-й и 2-й группами.

Обсуждение

При исследовании ССВП в нейтральном положении в группе пациентов с центральным стенозом позвоночного канала на шейном уровне 3-й степени, у которых по данным МРТ имеются морфологические изменения в шейном отделе спинного мозга, зарегистрировано статистически значимое снижение амплитуды как спинального, так и коркового компонентов ССВП, а также статистически значимое увеличение времени центрального соматосенсорного проведения, что, в свою очередь, является фактором риска прогрессирования симптомов в течение года. Ни у одного пациента 3-й группы в нейтральном положении не выявлено нормы со стороны ССВП. Пациенты со стенозом позвоночного канала 1-й и 2-й степени, не имеющие морфологических изменений в шейном отделе спинного мозга, несмотря на разную степень компрессии по данным МРТ, не имеют и статистически значимых различий при регистрации ССВП в нейтральном положении. При регистрации дССВП у пациентов со стенозом позвоночного канала 1-й степени снижается амплитуда коркового компонента N20 в ответ на разгибание, что с позиций биомеханики можно объяснить сдавлением задних столбов шейного отдела спинного мозга гипертрофированной желтой связкой, а также увеличивается МПИ N9–N20 в положении сгибания, что, вероят-

но, обусловлено растяжением спинного мозга. Scheuren et al. [9] в недавнем исследовании показали, что пациенты с многоуровневыми отклонениями от нормы при регистрации дерматомных контактных тепловых вызванных потенциалов имеют более высокую степень краниокаудального смещения спинного мозга по данным фазово-контрастной МРТ в сравнении с контрольной группой, что подтверждает наши предположения [8]. При регистрации дССВП у пациентов со стенозом позвоночного канала 2-й степени вышеописанные изменения сохраняются, однако к ним присоединяется статистически значимое снижение амплитуды спинального компонента N13 как при сгибании, так и при разгибании. Эксперименты на грызунах показали, что при сгибании в ШОП по данным МРТ увеличивается интенсивность интрамедуллярного сигнала в режиме T2WI, снижается кровоток в шейном отделе спинного мозга по данным лазерной доплеровской фотометрии, результатом чего является его ишемия [9]. Поскольку ишемия невралных структур приводит прежде всего к снижению амплитуды компонентов ССВП, мы предположили, что снижение амплитуды спинального компонента N13 связано с присоединением сосудистого фактора у пациентов 2-й группы. При регистрации дССВП у пациентов со стенозом позвоночного канала 3-й степени статистически значимое снижение амплитуды отмечено лишь для спинального компонента N13 при разгибании и для коркового компонента P38 при сгибании. Возможно, это связано с относительно малым числом наблюдений, поскольку проводился отбор пациентов с бессимптомным или малосимптомным течением заболевания, а у пациентов с центральным стенозом позвоночного канала на шейном уровне 3-й степени имеется уже, как правило, развернутая клиническая картина спондилогенной цервикальной миелопатии. Любопытно, что индекс изменения амплитуды, предложенный Qi et al. [7], статистически значимо не отличался во всех группах для всех компонентов ССВП с верхних и нижних конечностей, однако ИИП для МПИ N9–N20 был статистически значимо выше у пациентов со стено-

зом позвоночного канала 3-й степени, чем у пациентов со стенозом 1-й и 2-й степени, на основании чего можно предположить, что у пациентов со стенозом позвоночного канала 3-й степени в условиях уже сформировавшихся морфологических изменений шейного отдела спинного мозга вследствие хронической компрессии и ишемии при динамических пробах из повреждающих факторов преобладает растяжение спинного мозга. С другой стороны, можно предположить, что индекс изменения длительности МПИ N9–N20 при регистрации дССВП более чем 6 % является наиболее значимым маркером повреждения шейного отдела спинного мозга вследствие его растяжения, характерным для пациентов со стенозом позвоночного канала 3-й степени, и должен учитываться в первую очередь при оценке риска прогрессирования симптомов и отбора кандидатов для хирургии.

Заключение

Применение дССВП позволяет объективно оценить степень повреждения шейного отдела спинного мозга у пациентов с малосимптомным течением центрального стеноза позвоночного канала на шейном уровне различной степени. При отборе кандидатов для хирургического лечения решающее значение имеет снижение амплитуды как коркового, так и спинального компонентов ниже референтных значений или на 50 % от исходных значений, а также индекс изменения времени центрального соматосенсорного проведения. Необходимы дальнейшие мультицентровые исследования для уточнения референтных значений показателей дССВП и с учетом их разработка четких критериев отбора кандидатов для хирургического лечения.

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. **Yu Z, Pan W, Chen J, Peng X, Ling Z, Zou X.** Application of electrophysiological measures in degenerative cervical myelopathy. *Front Cell Dev Biol.* 2022;10:834668. DOI: 10.3389/fcell.2022.834668
2. **Nouri A, Tetreault L, Singh A, Karadimas SK, Fehlings MG.** Degenerative cervical myelopathy: epidemiology, genetics, and pathogenesis. *Spine.* 2015;40:E675–E693. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000913
3. **Kang Y, Lee JW, Koh YH, Hur S, Kim SJ, Chai JW, Kang HS.** New MRI grading system for the cervical canal stenosis. *AJR Am J Roentgenol.* 2011;197:W134–W140. DOI: 10.2214/AJR.10.5560
4. **El Negamy E, Sedgwick EM.** Delayed cervical somatosensory potentials in cervical spondylosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1979;42:238–241. DOI: 10.1136/jnnp.42.3.238
5. **Feng X, Hu Y, Ma X.** Progression prediction of mild cervical spondylotic myelopathy by somatosensory-evoked potentials. *Spine.* 2020;45:E560–E567. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003348
6. **Morishita Y, Maeda T, Ueta T, Naito M, Shiba K.** Dynamic somatosensory evoked potentials to determine electrophysiological effects on the spinal cord during cervical spine extension: clinical article. *J Neurosurg Spine.* 2013;19:288–292. DOI: 10.3171/2013.5.SPINE12933
7. **Qi Q, Huang S, Ling Z, Chen Y, Hu H, Zhan P, Zhang B, Zou X, Peng X.** A new diagnostic medium for cervical spondylotic myelopathy: dynamic somatosensory evoked potentials. *World Neurosurg.* 2020;133:e225–e232. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.08.205
8. **Yu Z, Cheng X, Chen J, Huang Z, He S, Hu H, Lin S, Zou Z, Huang F, Chen B, Wan Y, Peng X, Zou X.** Spinal cord parenchyma vascular redistribution underlies hemodynamic and neurophysiological changes at dynamic neck positions in cervical spondylotic myelopathy. *Front Neuroanat.* 2021;15:729482. DOI: 10.3389/fnana.2021.729482
9. **Scheuren PS, Hupp M, Pfender N, Seif M, Zipser CM, Wanivenhaus F, Spirig JM, Betz M, Freund P, Schubert M, Farshad M, Curt A, Hubli M, Rosner J.** Contact heat evoked potentials reveal distinct patterns of spinal cord impairment in degenerative cervical myelopathy beyond MRI lesions. *Eur J Neurol.* 2025;32:e70001. DOI: 10.1111/enc.70001

Адрес для переписки:

Бобрятков Николай Алексеевич
664049, Россия, Иркутск, Юбилейный микрорайон, 100,
Иркутская областная клиническая больница,
irkutsk102013@gmail.com

Address correspondence to:

Bobriakov Nikolai Alekseyevich
Irkutsk Regional Clinical Hospital,
100 Yubileiny microdistrict, Irkutsk, 664049, Russia,
irkutsk102013@gmail.com

Статья поступила в редакцию 19.02.2025

Рецензирование пройдено 31.03.2025

Подписано в печать 20.04.2025

Received 19.02.2025

Review completed 31.03.2025

Passed for printing 20.04.2025

Николай Алексеевич Бобрятков, врач функциональной диагностики нейрохирургического отделения, Иркутская областная клиническая больница, Россия, 664049, Иркутск, Юбилейный микрорайон, 100, eLibrary SPIN: 3583-0970, ORCID: 0000-0003-3818-2957, irkutsk102013@gmail.com;

Эдуард Валерьевич Середя, ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования; врач-нейрохирург, нейрохирургическое отделение, Иркутская областная клиническая больница, Россия, 664049, Иркутск, Юбилейный микрорайон, 100, ORCID: 0000-0003-4288-4126, evsereda@bk.ru;

Сергей Иннокентьевич Петров, канд. мед. наук, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования; врач-нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением, Иркутская ордена областная клиническая больница, Россия, 664049, Иркутск, Юбилейный микрорайон, 100, ORCID: 0000-0002-5132-5417, neuropet@gmail.com;

Алишер Худайбергенович Джумабаев, врач-нейрохирург, нейрохирургическое отделение, Иркутская областная клиническая больница, Россия, 664049, Иркутск, Юбилейный микрорайон, 100, ORCID: 0000-0002-6799-9184, docalidoc@gmail.com;

Фарид Гигельевич Хамидуллин, врач-нейрохирург, нейрохирургическое отделение, Иркутская областная клиническая больница, Россия, 664049, Иркутск, Юбилейный микрорайон, 100, ORCID: 0000-0001-5712-9671, Fsr.kut19-58@mail.ru;

Ананда Мьяжытдоржиевич Цыренжапов, врач-нейрохирург, нейрохирургическое отделение, Иркутская областная клиническая больница, Россия, 664049, Иркутск, Юбилейный микрорайон, 100, ORCID: 0000-0003-3170-0766, ananda.tsyrenzbafov@mail.ru.

Nikolai Alekseyevich Bobriakov, neurophysiologist of Neurosurgery Department, Irkutsk Regional Clinical Hospital, 100 Yubileiny microdistrict, Irkutsk, 664049, Russia, eLibrary SPIN: 3583-0970, ORCID: 0000-0003-3818-2957, irkutsk102013@gmail.com;

Eduard Valeryevich Sereda, teaching assistant of the Neurology and Neurosurgery Department, neurosurgeon of the highest qualification category, neurosurgery department, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – a branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Irkutsk Regional Clinical Hospital, 100 Yubileiny microdistrict, Irkutsk, 664049, Russia, ORCID: 0000-0003-4288-4126, evsereda@bk.ru;

Sergei Innokentyevich Petrov, MD, PhD, teaching assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of the Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – a branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, neurosurgeon of the high-

est qualification category, Head of the Neurosurgical Department, Irkutsk Regional Clinical Hospital, 100 Yubileiny microdistrict, Irkutsk, 664049, Russia, ORCID: 0000-0002-5132-5417, neuropet@gmail.com;

Alisber Khudaibergenovich Dzhumabaev, neurosurgeon, Neurosurgery Department, Irkutsk Regional Clinical Hospital, 100 Yubileiny microdistrict, Irkutsk, 664049, Russia, ORCID: 0000-0002-6799-9184, docalidoc@gmail.com;

Farid Gigeljevich Khamidullin, neurosurgeon of the highest qualification category, Neurosurgery Department, Irkutsk Regional Clinical Hospital, 100 Yubileiny microdistrict, Irkutsk, 664049, Russia, ORCID: 0000-0001-5712-9671, Fsr.kut19-58@mail.ru;

Ananda Myzhytdorzhievich Tsyrenzhapov, neurosurgeon, Neurosurgery Department, Irkutsk Regional Clinical Hospital, 100 Yubileiny microdistrict, Irkutsk, 664049, Russia, ORCID: 0000-0003-3170-0766, ananda.tsyrenzhapov@mail.ru.