



Оригинальные исследования / Original research

Использование метода ZLR при микроваскулярной декомпрессии корешка тройничного нерва

Лехнов Е.А.^{1,2}, Искандарян Н.Р.¹, Алзиралхусейни А.Ф.²

¹Федеральный центр нейрохирургии Минздрава России, ул. Немировича-Данченко, д. 132/1, Новосибирск, Российская Федерация, 630087

²Новосибирский государственный медицинский университет Минздрава России, Красный просп., д. 52, Новосибирск, Российская Федерация, 630091

Резюме

Наличие объективного инструментального интраоперационного метода оценки эффективности микроваскулярной декомпрессии (МВД) при классической невралгии тройничного нерва (кНТН), бесспорно, является незаменимым в современной нейрохирургии.

Цель исследования. Изучение применимости метода ZLR для интраоперационной идентификации причинного сосуда, а также оценки полноты декомпрессии корешка тройничного нерва при классической невралгии тройничного нерва.

Материалы и методы. Проведено проспективное исследование с участием 10 пациентов с кНТН. Во время МВД использовался протокол мониторинга ZLR, включающий стимуляцию сосудов в зоне невровакулярного конфликта биполярным концентрическим электродом в диапазоне 0,1–2,5 мА, а также регистрацию мышечных ответов жевательной мышцы (ZLR, ZL-response) до и после МВД. После операции проводилась клиническая оценка регресса болевого синдрома.

Результаты. В 90 % случаев причинным сосудом была верхняя мозжечковая артерия. Порог стимуляции артерий до МВД составил $0,4 \pm 0,22$ мА, после МВД – $1,5 \pm 0,49$ мА ($p < 0,05$). После декомпрессии в 54,5 % случаев ответ при стимуляции артерий до 2,5 мА отсутствовал. Стимуляция вен требовала более высоких параметров ($1,3 \pm 0,61$ мА до МВД), а в большинстве случаев ответы с мышцы-мишени отсутствовали как до, так и после декомпрессии. После операции в 90 % случаев болевой синдром полностью регрессировал, однако в одном случае отмечалось частичное сохранение лицевой боли, которая на фоне проведения консервативной терапии полностью регрессировала.

Заключение. Учитывая полученные параметры порогов стимуляции, метод ZL-ответа позволяет интраоперационно верифицировать причинный артериальный сосуд, а также оценить эффективность МВД, что подтверждается благоприятными клиническими исходами. Роль венозной компрессии требует дальнейшего изучения. Необходимы дальнейшие исследования для оценки прогностической значимости метода, а также роли венозной компрессии.

Ключевые слова: мониторинг ZLR, невралгия тройничного нерва, невровакулярный конфликт, микроваскулярная декомпрессия

Для цитирования: Лехнов Е.А., Искандарян Н.Р., Алзиралхусейни А.Ф. Использование метода ZLR при микроваскулярной декомпрессии корешка тройничного нерва. *Сибнейро*. 2026;2(1):44–52. <https://doi.org/10.64265/3033-649X-2026.2.1.44-52>

Вклад авторов

Лехнов Е.А. – разработка концепции, методология, верификация данных, проведение исследования, написание рукописи – рецензирование и редактирование, визуализация.

Искандарян Н.Р. – формальный анализ, администрирование данных, создание черновика рукописи, визуализация.

Алзиралхусейни А.Ф. – программное обеспечение, ресурсы.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проведено без привлечения финансовой поддержки.

Использование ИИ. При написании статьи технологии искусственного интеллекта не использовались.

Доступность данных. Данные доступны при запросе автору, отвечающему за переписку.

Поступила: 13.01.2026

Принята к печати: 22.02.2026

Опубликована: 15.03.2026

Use of the ZLR method in microvascular decompression of the trigeminal nerve root

Evgeniy A. Lekhnov^{1,2}✉, Naira R. Iskandaryan¹, Abedallah F. Alziralkhuseyni²

¹Federal Neurosurgical Center, Nemirovicha-Danchenko str., 132/1, Novosibirsk, Russian Federation, 630087

²Novosibirsk State Medical University, Krasny ave., 52, Novosibirsk, Russian Federation, 630091

Abstract

The availability of an objective, instrumental intraoperative method for assessing the effectiveness of microvascular decompression (MVD) in classical trigeminal neuralgia (cTN) is undoubtedly indispensable in modern neurosurgery.

The aim. To study the applicability of the ZLR method for intraoperative identification of the causative vessel and assessment of the completeness of trigeminal nerve root decompression in classical trigeminal neuralgia.

Materials and methods. A prospective study was conducted involving 10 patients with cTN. During MVD, a ZLR monitoring protocol was used, including stimulation of vessels in the neurovascular conflict zone with a bipolar concentric electrode in the range of 0.1–2.5 mA, as well as recording of the masseter muscle responses (ZLR, ZL-response) before and after MVD. Postoperative pain regression was clinically assessed.

Results. In 90 % of cases, the causative vessel was the superior cerebellar artery (SCA). The arterial stimulation threshold before MVD was 0.4 ± 0.22 mA, after MVD – 1.5 ± 0.49 mA ($p < 0.05$). After decompression, there was no response to arterial stimulation up to 2.5 mA in 54.5 % of cases. Venous stimulation required higher parameters (1.3 ± 0.61 mA before MVD), and in most cases, there was no response from the target muscle either before or after decompression. Postoperatively, pain completely regressed in 90 % of cases; however, in one case, partial persistence of facial pain was noted, which completely regressed with conservative therapy.

Conclusion. Given the obtained stimulation threshold parameters, the ZL response method allows for intraoperative verification of the causative arterial vessel and assessment of the effectiveness of microvascular decompression, as evidenced by favorable clinical outcomes. The role of venous compression requires further study. Further research is needed to evaluate the prognostic significance of this method, as well as the role of venous compression.

Keywords: ZLR monitoring, trigeminal neuralgia, neurovascular conflict, microvascular decompression

For citation: Lekhnov E.A., Iskandaryan N.R., Alziralkhuseyni A.F. Use of the ZLR method in microvascular decompression of the trigeminal nerve root. *Sibneuro*. 2026;2(1):44–52. <https://doi.org/10.64265/3033-649X-2026.2.1.44-52>

Authors' contribution

Lekhnov E.A. – conceptualization, methodology, validation, investigation, writing – original draft, writing – review & editing, visualization.

Iskandaryan N.R. – formal analysis, data curation, writing – original draft, visualization.

Alziralkhuseyni A.F. – software, resources.

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

Financial disclosure. The study was carried out without any financial support.

Use of AI. No AI technologies were used in the writing of this article.

Data availability. The data is available upon reasonable request to the corresponding author.

Received: 13.01.2026

Accepted: 22.02.2026

Published: 15.03.2026

Введение

Лечение невралгии тройничного нерва (НТН) представляет серьезную проблему в здравоохранении в связи выраженными нарушениями трудоспособности пациентов и значительным снижением качества их жизни. Кроме того, некоторым пациентам в связи с рецидивами или сохранением лицевой боли после операций требуется проведение дополнительных хирургических вмешательств [1, 2].

НТН считается наиболее распространенным типом лицевой боли с хроническим прогрессирующим течением [3–6]. Согласно

современной классификации НТН, на сегодняшний день выделяют классический вариант (при наличии конфликта с сосудом), идиопатический вариант (при отсутствии явного сосудистого конфликта) и вторичную невралгию, возникающую вследствие органических поражений (опухоли, рассеянный склероз). В этиопатогенезе классической невралгии тройничного нерва (кНТН) ключевую роль играет нейроваскулярный конфликт (НВК) корешка тройничного нерва (кТН) и артерии (чаще всего с верхней мозжечковой артерией (ВМА)) [7–11]. Микроваскулярная декомпрессия (МВД) является общепринятой и вы-

сокоэффективной хирургической методикой лечения кНТН. Однако несмотря на положительные результаты в раннем послеоперационном периоде (в 95% случаев отмечается регресс болевого синдрома), у части пациентов с НТН отмечаются рецидивы лицевой боли [1]. Частота рецидивов в первые 2 года после МВД варьирует от 18 до 34%, однако дальнейшем снижается до 2,0–3,5% в год [2]. Предполагают, что причинами рецидивов болей могут являться формирование тефлон-гранулемы, особенности анатомии образований задней черепной ямки [12, 13]. Другой возможной причиной сохранения болей после операции может быть неполная декомпрессия кТН, особенно в тех случаях, когда к корешку прилежат и/или сдавливают несколько сосудов. В этой ситуации визуальная оценка не всегда позволяет достоверно идентифицировать причинный сосуд или сосуды. Применение специальных методов нейрофизиологического интраоперационного мониторинга в подобных случаях выглядит многообещающе, поскольку инструментальное подтверждение причинного сосуда (артериального или венозного) позволит улучшить исходы хирургического лечения пациентов с кНТН.

В 2012 г. X. Zheng и соавт. предложили оригинальную методику определения причинного сосуда при гемифациальном спазме путем стимуляции компремирующего лицевой нерв сосуда и регистрации вызванных ответов с мимической мускулатуры. Методика была названа ZLR (ZL-response) [14]. Позднее методика ZL-ответа была использована итальянскими исследователями для определения причинного сосуда у пациентов с НТН [15]. В последнем случае стимулировали сосуд, сдавливающий кТН, а ответы регистрировали с жевательной мышцы.

В рамках нашей работы мы применили методику ZL-ответа у пациентов с кНТН как дополнительный метод инструментальной идентификации причинного сосуда при выполнении МВД. Также был проведен сравнительный анализ показателей ZL-ответа до и после проведения МВД кТН для оценки эффективности выполненной декомпрессии.

Материалы и методы

Характеристика пациентов

В¹ ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Новосибирск) в 2025 г. было проведено проспективное исследование, которое включало 10 пациентов с кНТН. В исследование не вошли пациенты

с идиопатической и вторичными формами заболевания (Таблица 1). В исследуемой группе пациентов ($n = 10$) средний возраст составил 61 год, средняя продолжительность заболевания в группе – $8,5 \pm 6,9$ года. Диапазон баллов по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) до операции варьировал в пределах от 7 до 10, что указывает на выраженную степень болевого синдрома. У двух пациентов по поводу лицевой боли ранее уже были выполнены хирургические процедуры (пациенты 4, 8).

Всем участникам было проведено комплексное неврологическое и нейрохирургическое обследование. Диагноз был установлен на основании данных клинического осмотра, а также магнитно-резонансной томографии головного мозга. Интенсивность болевого синдрома оценивалась с применением ВАШ до оперативного вмешательства, а также при выписке пациента из стационара.

Микроваскулярная декомпрессия

Для МВД кТН под эндотрахеальным наркозом в положении пациента на боку выполняли ретросигмовидный доступ. На основном этапе операции проводилась визуализация всех отделов мостомозжечкового угла с целью идентификации причинного сосуда. В случае невозможности полноценной эксплорации кТН, а также при наличии узких субарахноидальных пространств выполнялась коагуляция субаркуатной артерии и/или иссечение притоков вены Денди. С использованием микрохирургической техники причинный сосуд выделялся из паутинной оболочки, отводился от кТН с использованием тефлонового протектора. На заключительном этапе операции выполняли тщательный гемостаз и послойное ушивание операционной раны.

Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг

Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ISIS Xpert Plus) включал адаптированную методику ZL-ответа при МВД, описанную N. Montano и соавт. [15]. В нашей работе проводилась стимуляция предполагаемого причинного сосуда вблизи места НВК при помощи биполярного центрального электрода (Inomed, кат. 522101), начиная с амплитуды 0,1 мА с постепенным увеличением силы тока с шагом 0,1 до 2,5 мА с частотой стимуляции 3 Гц и длительностью стимула 200 мкс. Регистрация мышечных ответов (фильтр 30–2000 Гц) выполнялась с *m. masseter* со стороны оперативного вмеша-

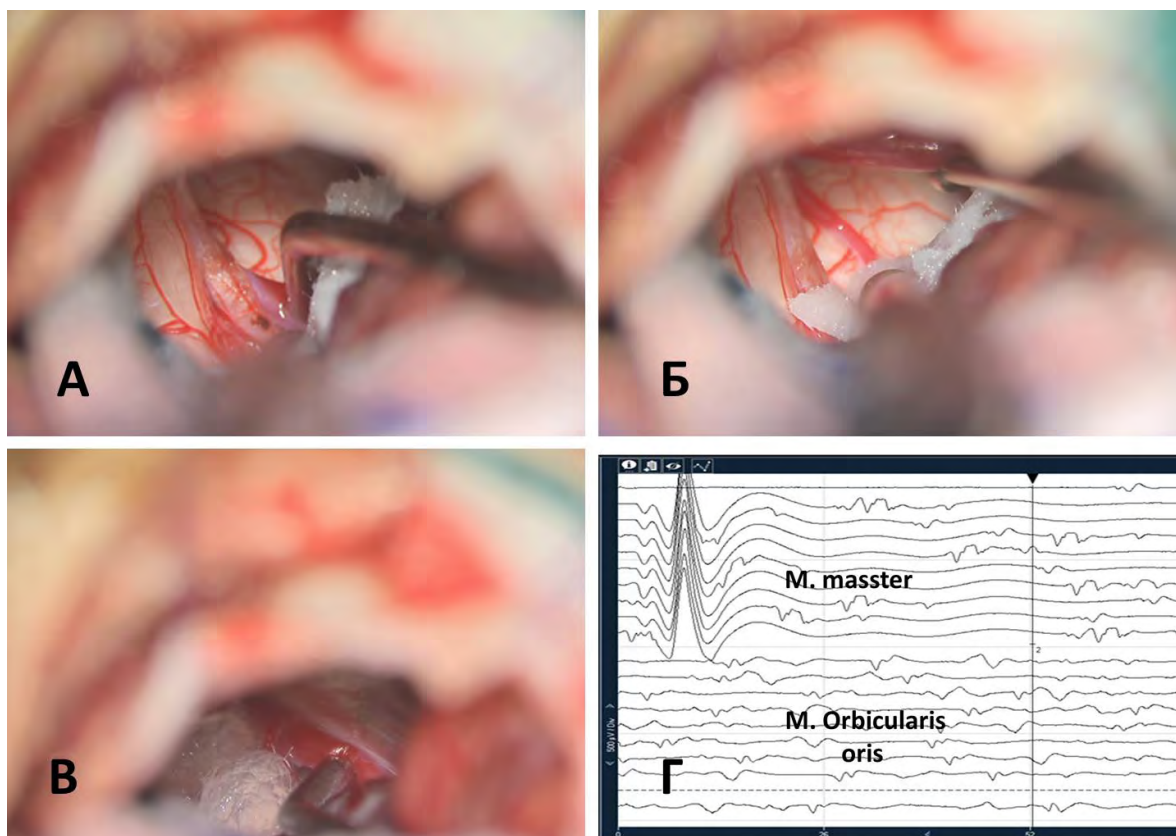


Рисунок 1. А – стимуляция ВМА до МВД: на токе 0,3 мА получен ответ с *m. masseter*; Б – выполнены арахноидальная диссекция петли ВМА и ее отведение от верхнего края кТН; В – после укладки фрагментов протектора между верхним краем кТН и ВМА проведена повторная стимуляция причинного сосуда: на токе 0,3 мА ответы не зарегистрированы, на токе 2,5 мА ответы зарегистрированы; Г – мышечные ответы *m. masseter* при стимуляции причинного сосуда: видны множественные артефакты раздражения тройничного и лицевого нервов в результате хирургических манипуляций. Источник: составлено авторами

Figure 1. A – stimulation of the superior cerebellar artery to the microvascular decompression: A – response from *m. masseter* was obtained at a current of 0.3 mA; B – arachnoid dissection of the superior cerebellar artery loop and its retraction from the upper edge of the root of trigeminal nerve were performed; C – after placing the protector fragments between the upper edge of the root of trigeminal nerve and the superior cerebellar artery, repeated stimulation of the causal vessel was performed: no responses were recorded at a current of 0.3 mA, responses were recorded at a current of 2.5 mA; D – muscle responses of *m. masseter* during stimulation of the causal vessel: multiple artifacts of irritation of the trigeminal and facial nerves are visible as a result of surgical manipulations. Source: created by the authors

тельства (Рисунок 1). Стерильный Graund-электрод был транскутанно установлен в проекции Fz. При отсутствии вызванных ответов с *m. masseter* заключалось, что стимулированный сосуд не является причинным. После выполнения МВД стимуляцию причинного сосуда повторяли повторно с постепенным увеличением силы тока до 2,5 мА. При этом повышение порога стимуляции принималось за эффективность выполненной декомпрессии. Дополнительно для мониторинга функции лицевого нерва стерильные электроды устанавливали транскутанно на стороне оперативного вмешательства в проекции *m. orbicularis oris* и *m. mentalis*. Для сравнения значений порогов стимуляции сосудов до и после МВД использовался непараметрический тест Манна – Уитни (GraphPad Prizm 8.4.3).

Результаты

Основные клинично-демографические данные пациентов, включенных в текущее исследование, приведены в Таблице 1.

В большинстве случаев ($n = 9$) причиной НВК являлись артерии. В 90 % случаев причинным сосудом являлась ВМА (Таблица 2). В единичном случае ($n = 1$) была выявлена комбинированная компрессия корешка как с ВМА и передней нижней мозжечковой артерией (ПНМА), так и с притоками вены Денди. Учитывая наличие комбинированного конфликта, выполнена МВД кТН как с артериальными, так и с венозными сосудами (пациент 3). Для минимизации риска интраоперационного кровотечения, а также адекватной эксплорации кТН у 6 пациентов выполнялось иссечение притоков вены Денди, у 1 пациента – вены Денди, а в 3 случаях по-

требовалась коагуляция субаркуатной артерии. Сравнительные данные о факторах компрессии и нейрофизиологических данных представлены в Таблице 2.

В нашем исследовании выполнялась стимуляция как очевидно причинного сосуда, так и сосудов, прилегающих к кТН (артерии и вены). Как и предполагалось, в 90% слу-

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов с классической невралгией тройничного нерва. Источник: составлено авторами

Table 1. Clinical characteristics of patients with classic trigeminal neuralgia. Source: created by the authors

Пациенты	Возраст	Пол	Длительность заболевания, лет	Диагноз	Оценка по ВАШ	Чувствительные нарушения до операции	Предыдущие вмешательства
1	64	Ж	17	кНТН справа, V2–V3	10	–	–
2	37	М	5	кНТН слева, V3	10	–	–
3	75	Ж	2	кНТН слева, V2–V3	8	–	–
4	67	Ж	9	кНТН слева, V2–V3	7	Гиперестезия V2–V3	РЧД, 2025 г.
5	47	М	2	кНТН слева, V2	10	–	–
6	53	Ж	20	кНТН справа, V2–V3	8	–	–
7	74	Ж	3	кНТН слева, V2–V3	10	Гипестезия V3	–
8	66	М	17	кНТН справа, V2	8	Гипестезия V3	МВД, 2018 г.
9	74	Ж	5	кНТН справа, V2	10	–	–
10	55	М	5	кНТН справа, V1, V2, V3	9	Гипестезия V3	–

Примечание: V1–V3 – ветви тройничного нерва; РЧД – радиочастотная деструкция Гассерова узла.

Note: V1–V3 – branches of the trigeminal nerve; RFA – radiofrequency ablation of the Gasserian ganglion.

Таблица 2. Причинные сосуды нейроваскулярного конфликта и пороги их стимуляции до и после проведения микроваскулярной декомпрессии. Источник: составлено авторами

Table 2. Causal vessels of neurovascular conflict and their stimulation thresholds before and after microvascular decompression. Source: created by the authors

Пациенты	Артерии и вены	Порог стимуляции до МВД, мА	Порог стимуляции после МВД, мА
1	ВМА*	0,4	нет ответа
	ПНМА	нет ответа	нет ответа
	БКВ	нет ответа	нет ответа
2	ВМА*	0,3	нет ответа
	ПНМА	0,5	нет ответа
3	ВМА*	0,5	1,5
	ВПВД	0,3	0,7
	НПВД	1,4	нет ответа
4	ВМА*	0,1	1,5
	ВПВД	нет ответа	нет ответа
5	ВМА*	0,3	2,5
	ПЦВ	1,3	коагулирована
6	ВМА*	0,3	1,4
	ПНМА*	0,8	нет ответа
	БКВ	нет ответа	нет ответа
7	ВПВД	нет ответа	нет ответа
	ВМА*	0,7	нет ответа
	ВМА*	0,7	1,3
10	ВМА*	0,3	нет ответа

Примечание: БКВ – большая каменная вена Денди; ВПВД – верхний приток вены Денди; НПВД – нижний приток вены Денди; ПЦВ – понто-церебеллярная вена; * – визуально сосуд является причинным.

Note: GPDV – great petrosal Dandy vein; STDV – superior tributary of the Dandy vein; ITDV – inferior tributary of the Dandy vein; PCV – pontocerebellar vein; * – visually the vessel is the causative one.

чаев ($n = 9$) ответы были получены при стимуляции ВМА, реже – при стимуляции ПНМА (Таблица 2). При этом медиана порога стимуляции артерий до МВД, при котором возникали минимальные ответы с *m. masseter*, составила $0,4 \pm 0,22$ мА (Рисунок 2). После выполнения декомпрессии кТН при повторной стимуляции того же причинного артериального сосуда медиана порога составила $1,5 \pm 0,49$ мА, что в 3,75 раза больше (Рисунок 2). Кроме того, ответ после стимуляции артериального сосуда после декомпрессии в 54,5% случаев отсутствовал (2,5 мА) (Таблица 2).

Интересно, что разницы между порогами активации причинных (визуально вызывающих явную компрессию кТН) и прилегающих артериальных сосудов не найдено.

Было обнаружено, что при стимуляции венозных сосудов, прилегающих к кТН, пороги активации мышцы-мишени были выше. Так, до МВД ответы при стимуляции вен были получены только в 3 из 7 случаев с медианой $1,3 \pm 0,61$ мА, что в 3,25 раза превышает порог активации при стимуляции артерий (Таблица 2). Лишь у пациента 3 после МВД регистрировались ответы при стимуляции верхнего притока вены Денди (ВПВД) с увеличением порога активации мышцы в 2,3 раза. После операции у данного пациента частично сохранялся болевой синдром (Таблица 3). После МВД в 5 из 7 случаев ответы при стимуляции вен не определялись, в 1 случае была коагулирована понто-церебеллярная вена (Таблица 2).

Клинические исходы МВД пациентов с НТН представлены в Таблице 3. В раннем послеоперационном периоде у 90% ($n = 9$) пациентов наблюдался полный регресс бо-

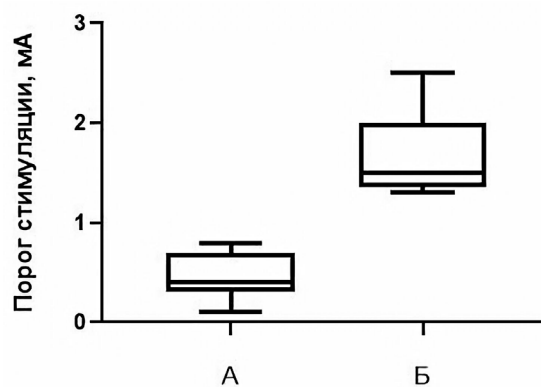


Рисунок 2. Пороги стимуляции для артериальных сосудов: А – пороги стимуляции до МВД, медиана $0,4 \pm 0,22$ мА; Б – пороги стимуляции после МВД, медиана $1,5 \pm 0,49$ мА ($p < 0,05$). Источник: составлено авторами

Figure 2. Stimulation thresholds for arterial vessels: A – stimulation thresholds before microvascular decompression, median 0.4 ± 0.22 mA; B – stimulation thresholds after microvascular decompression, median 1.5 ± 0.49 mA ($p < 0.05$). Source: created by the authors

левого синдрома. У пациента 3 был отмечен частичный регресс лицевой боли, повторное оперативное вмешательство при этом не проводили. В течение полугода невралгическая боль трансформировалась в нейрпатическую, однако на фоне проведения консервативной терапии впоследствии полностью регрессировала.

В раннем послеоперационном периоде у 2 пациентов отмечались осложнения в виде транзиторной гипестезия в зоне иннервации тройничного нерва, дефицит функции лицевого нерва (5 баллов по шкале НВ) – у пациента 8, а также герпетическая инфекция – у пациента 10 (Таблица 3). Стоит отметить, что появление нового неврологического дефицита у пациента 8 было ожидаемо в связи

Таблица 3. Клинические исходы микровазкулярной декомпрессии у пациентов с классической невралгией тройничного нерва. Источник: составлено авторами

Table 3. Clinical outcomes of microvascular decompression in patients with classic trigeminal neuralgia. Source: created by the authors

Пациенты	Эффективность МВД	Осложнения
1	Регресс боли	–
2	Регресс боли	–
3	Частичный регресс боли V2	–
4	Регресс боли	–
5	Регресс боли	–
6	Регресс боли	–
7	Регресс боли	–
8	Регресс боли	Прозопарез – 5 баллов по НВ, гипестезия правой половины лица, гипоакузия справа
9	Регресс боли	–
10	Регресс боли	Герпетическая инфекция

с повторной операцией на кТН. Средняя продолжительность пребывания в стационаре после выполнения МВД составила 8 суток.

Обсуждение

Применение метода ZL-ответа было разработано для эффективности МВД лицевого нерва у пациентов с гемифациальным спазмом [14]. В дальнейшем было показано, что данная методика с успехом может быть применена у пациентов с НТН [15]. В своей работе итальянские коллеги, помимо прямой стимуляции сосуда в месте НВК, использовали стимуляцию причинного сосуда более дистально (> 5 мм от места НВК). По мнению авторов, дистальная стимуляция была необходима для исключения ложноположительных ответов, связанных с прямой активацией нервных структур из-за локального распространения тока и служила неким контрольным механизмом верификации результатов. В нашем исследовании дистальная стимуляция не применялась, поскольку не во всех случаях дистально корешок тройничного нерва был доступен для стимуляции. Однако мы считаем, что такой подход к дистальной стимуляции является оправданным.

Настоящее исследование представляет собой первый российский опыт применения метода ZL-ответа у пациентов с НТН. Полученные в нашей работе данные подтверждают этиопатогенетическую теорию артериальной компрессии в развитии кНТН. В частности, компрессия кТН ВМА является основным причинным фактором НТН. Об этом говорит и небольшой порог активации мышцы при стимуляции артерий (0,4 мА), и более чем трехкратная разница (3,75 раза) с порогом стимуляции после выполнения декомпрессии. При этом отсутствие вызванных ответов с *m. masseter* или регистрация минимального ответа при контрольной стимуляции указывает на снижение ирритации сосудом волокон кТН и подтверждает эффективность и полноту выполненной МВД. Точность определения причинного сосуда (визуальная и инструментальная) является следствием благоприятных клинических исходов у большинства пациентов (9 из 10). Отсутствие болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде указывает на эффективность метода ZL-ответа для интраоперационной идентификации причинных сосудов, особенно в случаях множественной компрессии кТН.

В случае венозной компрессии, наоборот, потребовались большие параметры стимуляции для активации жевательной мышцы (в 3,25 раза), а в значительном числе наблюдений ответы *m. masseter* при стимуляции вен отсутствовали. Эти данные дополнительно подтверждают факт малозначимой роли венозных сосудов в развитии НТН. Тем не менее, у пациента 3 даже после декомпрессии кТН наблюдались ответы при стимуляции ВПВД, а после операции у данного пациента частично сохранялись лицевые боли в зоне иннервации V2. Несмотря на данное обстоятельство, говорить с уверенностью о венозном факторе компрессии весьма преждевременно.

Заключение

С использованием полученных нейрофизиологических данных (пороги активации артериальных и венозных сосудов и их разницу) метод ZL-ответа может применяться для подтверждения причинного сосуда, особенно в случаях множественных НВК, в том числе с вовлечением венозных сосудов. Кроме того, метод быстро и просто позволяет оценить полноту выполненной декомпрессии, что, несомненно, повышает качество хирургии и повышает число благоприятных прогнозов.

Несмотря на перспективность данного метода ZL-ответа, для подтверждения его прогностической значимости и роли в предсказании рецидивов заболевания требуется проведение дополнительных исследований. Такие исследования должны включать большие выборки пациентов с длительным периодом наблюдения. Отдельного вопроса требует изучение роли венозных сосудов в развитии кНТН. Полученные в результате таких исследований данные позволят разработать алгоритмы принятия решения при различных типах НВК, что, несомненно, позволит улучшить исходы хирургического лечения пациентов с НТН.

Ограничения

Несмотря на то, что метод ZL-ответа показал свою эффективность, требуются дополнительные исследования по оценке долгосрочных исходов в группах больных с кНТН с применением метода ZL-ответа и без него (в качестве контрольной группы).

Литература / References

1. Di Carlo DT, Benedetto N, Perrini P. Clinical outcome after microvascular decompression for trigeminal neuralgia: A systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2022; 46(1): 8. <https://doi.org/10.1007/s10143-022-01922-0>
2. Xu R, Xie ME, Jackson CM. Trigeminal neuralgia: Current approaches and emerging interventions. *J Pain Res.* 2021; 14: 3437-3463. <https://doi.org/10.2147/JPR.S331036>
3. Gambeta E, Chichorro JG, Zamponi GW. Trigeminal neuralgia: An overview from pathophysiology to pharmacological treatments. *Mol Pain.* 2020; 16: 1744806920901890. <https://doi.org/10.1177/1744806920901890>
4. Silva M, Ouanounou A. Trigeminal neuralgia: Etiology, diagnosis, and treatment. *SN Compr Clin Med.* 2020; (2): 1585-1592. <https://doi.org/10.1007/s42399-020-00415-9>
5. Svedung Wettervik T, Snel D, Kristiansson P, Ericson H, Abu Hamdeh S. Incidence of trigeminal neuralgia: A population-based study in Central Sweden. *Eur J Pain.* 2023; 27(5): 580-587. <https://doi.org/10.1002/ejp.2081>
6. Журкин АН, Семенов АВ, Сороковиков ВА, Бартуль НВ. Исторические аспекты проблемы лечения невралгии тройничного нерва и роль нейрохирургических методов в её решении (обзор литературы). *Acta biomedica scientifica.* 2021; 6(4): 123-136. [Zhurkin AN, Semenov AV, Sorokovikov VA, Bartul NV. Historical aspects of the problem of treatment of trigeminal neuralgia and the role of neurosurgical methods in its solution (literature review). *Acta biomedica scientifica.* 2021; 6(4): 123-136. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.29413/ABS.2021-6.4.11>
7. Cruccu G, Finnerup NB, Jensen TS, Scholz J, Sindou M, Svensson P, et al. Trigeminal neuralgia: New classification and diagnostic grading for practice and research. *Neurology.* 2016; 87(2): 220-228. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000002840>
8. Lambru G, Zakrzewska J, Matharu M. Trigeminal neuralgia: A practical guide. *Pract Neurol.* 2021; 21(5): 392-402. <https://doi.org/10.1136/practneurol-2020-002782>
9. Рожнова ЕН, Дашьян ВГ, Токарев АС, Евдокимова ОЛ, Незнанова МВ, Синкин МВ. Оценка микроструктурных изменений тройничных нервов у пациентов с классической тригеминальной невралгией. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2023; 17(1): 20-26. [Rozhnova EN, Dashyan VG, Tokarev AS, Evdokimova OL, Neznanova MV, Sinkin MV. Assessing trigeminal microstructure changes in patients with classical trigeminal neuralgia. *Annals of Clinical and Experimental Neurology.* 2023; 17(1): 20-26. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.54101/ACEN.2023.1.3>
10. Bindra A. Etiopathogenesis of trigeminal neuralgia. In: Rath G (ed.). *Handbook of trigeminal neuralgia.* Springer, Singapore; 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2333-1_3
11. Бальязина ЕВ, Евусьяк ОМ, Бальязин ВА, Кадян НГ. Роль нейроваскулярного конфликта в патогенезе классической невралгии тройничного нерва и динамика подходов к его визуализации. *Южно-Российский журнал терапевтической практики.* 2021; 2(1): 24-31. [Baliagina EV, Evusyak OM, Baliazin VA, Kadyan NG. The role of neurovascular conflict in the pathogenesis of classical trigeminal neuralgia and the dynamics of approaches to its visualization. *South Russian Journal of Therapeutic Practice.* 2021; 2(1): 24-31. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2021-2-1-24-31>
12. Рзаев ДА, Куликова ЕВ, Мойсак ГИ, Воронина ЕИ, Агеева ТА. Тefлон-гранулема после микроваскулярной декомпрессии корешка тройничного нерва у больной с рекуррентной тригеминальной невралгией. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* 2016; 80(2): 78-83. [Rzaev DA, Kulikova EV, Moysak GI, Voronina EI, Ageeva TA. Teflon granuloma after microvascular decompression of the trigeminal nerve root in a patient with recurrent trigeminal neuralgia. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 2016; 80(2): 78-83. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/neiro201680278-83>
13. Рзаев ДА, Мойсак ГИ, Амелин МЕ, Амелина ЕВ, Куликова ЕВ. Анатомические факторы в развитии тригеминальной невралгии и её рецидива после микроваскулярной декомпрессии. *Нейрохирургия.* 2015; (3): 38-43. [Rzaev DA, Moysak GI, Amelin ME, Amelina EV, Kulikova EV. The anatomical factors in development of trigeminal neuralgia and its relapses after microvascular decompression. *Russian Journal of Neurosurgery.* 2015; (3): 38-43. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2015-0-3-38-43>
14. Zheng X, Hong W, Tang Y, Ying T, Wu Z, Shang M, et al. Discovery of a new waveform for intraoperative monitoring of hemifacial spasms. *Acta Neurochir (Wien).* 2012; 154(5): 799-805. <https://doi.org/10.1007/s00701-012-1304-6>
15. Montano N, D'Alessandris QG, Grilli F, Di Domenico M, Martinelli R, Burattini B, et al. Abnormal electromyographical trigeminal activation through stimulation of the offending artery (Z-L response): An intraoperative tool during microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *Cephalalgia.* 2024; 44(11): 3331024241273913. <https://doi.org/10.1177/03331024241273913>

Сведения об авторах / Information about the authors

Лехнов Евгений Анатольевич – кандидат медицинских наук, врач-нейрофизиолог, Федеральный центр нейрохирургии Минздрава России; ассистент кафедры нейрохирургии, Новосибирский государственный медицинский университет Минздрава России; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6253-9883>; e-mail: lekhnov@gmail.com

Evgeniy A. Lekhnov – Cand. Sci. (Med.), Neurophysiologist, Federal Neurosurgical Center; Teaching Assistant at the Department of Neurosurgery, Novosibirsk State Medical University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6253-9883>; e-mail: lekhnov@gmail.com

Лехнов Е.А., Искандарян Н.Р., Алзиралхусейни А.Ф.
Использование метода ZLR при микроваскулярной декомпрессии корешка тройничного нерва

Искандарян Наира Робертовна – врач-нейрохирург,
Федеральный центр нейрохирургии Минздрава России;
e-mail: neuro.surg@bk.ru

Naira R. Iskandaryan – Neurosurgeon, Federal
Neurosurgical Center; e-mail: neuro.surg@bk.ru

Алзиралхусейни Абедалла Ф. – аспирант кафедры
нейрохирургии, Новосибирский государственный меди-
цинский университет Минздрава России;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3739-8438>;
e-mail: abedallahalhussini@gmail.com

Abedallah F. Alziralkhuseyni – post-graduate researcher,
Department of Neurosurgery, Novosibirsk State Medical
University; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3739-8438>; e-mail: abedallahalhussini@gmail.com

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author