

Комплексный статистический анализ степени вклада отдельных магнитно-резонансных паттернов в диагностику тригеминальной невралгии

А. В. Бакунович*,¹, В. Е. Синуцын², Е. А. Мершина²

¹ ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России, Москва

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова», факультет фундаментальной медицины

Complex Statistical Analysis of Magnetic Resonance Patterns in Diagnosis of Trigeminal Neuralgia

A. V. Bakunovich*,¹, V. E. Sinitsyn², E. A. Mershina²

¹ National Medical Research Centre «Treatment and Rehabilitation Centre», Ministry of Healthcare of Russia, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Fundamental Medicine,

Реферат

Цель настоящего исследования — комплексная взаимная оценка ряда МР-паттернов в диагностике тригеминальной невралгии (ТН) методом логистической регрессии.

Ретроспективно проанализированы данные МР-последовательностей FIESTA, полученные на уровне задних черепных ямок 133 пациентов, включая 86 больных с клинически и хирургически верифицированной ТН (55 ± 11 лет) и 47 пациентов группы контроля (51 ± 16 лет).

Для построения логистических моделей использовались 7 отдельных МР-паттернов: длины интракраниальных порций тройничных нервов, площади сечения и отношения диаметров нервов в REZ-областях, диаметры прилежащих артериальных петель, протяженность нейроваскулярного прилегания, углы артериальных петель и углы поперечного пересечения тройничных нервов с артериями задней черепной ямки.

Отдельно построены три многофакторные модели, отличающиеся различным включением контрольных МР-паттернов. В общую модель включалось максимальное число нервов для сравнения (209 нервов), отдельно построены модели с включением параметров контралатеральных нервов (всего 128 нервов) и нервов контрольной внешней группы (147 нервов).

Во всех трех моделях наибольшее отношение шансов отмечалось для диаметров прилежащих артерий (6,13; 5,51; 9,56). Вторым по значимости предиктором ТН для общего случая и контралате-

* Бакунович Александр Владимирович, врач-рентгенолог, ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России, Москва.
Адрес: 125367, г. Москва, Ивановское шоссе, д. 3.
Тел.: +7 (926) 982-43-89. Электронная почта: bioboi@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3404-0548

Bakunovich Alexander Vladimirovich, Radiologist, National Medical Research Centre «Treatment and Rehabilitation Centre», Ministry of Healthcare of Russia, Moscow.
Address: 3, Ivan'kovskoe shosse, Moscow, 125367, Russia. Phone number: +7 (926) 982-43-89. E-mail: bioboi@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3404-0548

ральных сопоставлений являлось отношение диаметров нервов (1,97 и 3,3). Для модели сравнения с контрольной группой вторым предиктором оказалась протяженность нейроваскулярного прилегания (1,88). Площади поперечного сечения также обладали сходной значимостью во всех моделях (0,64; 0,71; 0,63). Показатели углов и длин нервов оказались малозначимы для всех полученных моделей.

Таким образом, наиболее значимыми МР-паттернами для диагностики ТН оказались диаметры прилежащих артериальных петель и отношения диаметров нервов, отражающие деформацию последних (для двух моделей). Данный факт с наибольшей вероятностью отражает выраженность механического давления как основного механизма классической ТН.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, FIESTA, тригеминальная невралгия, морфометрия, логистический регрессионный анализ, статистические модели, отношение шансов.

Abstract

The aim of this study was a comprehensive analysis of a number of MR patterns in the diagnosis of trigeminal neuralgia (TN) by the method of logistic regression.

Study population consisted of 133 patients: with trigeminal neuralgia (TN) (86, surgically (n = 56) and clinically (n = 30) verified; 55 ± 11 years) and reference group (47, 51 ± 16 years). The data were obtained using the FIESTA sequence (slice thickness 0,5 mm) on 3 T and 1,5 T (Discovery 750w and Optima 450w, General Electric).

To construct the statistical models, 7 separate MR patterns were used: lengths of intercisternal portions of trigeminal nerves, cross-sectional area and ratio of nerve diameters in REZ regions, diameters of adjacent arterials, length of neurovascular contact, angles of these loops and angles of transverse intersection of trigeminal nerves with arteries in the posterior cranial fossa.

Three logistic models were built separately, differing in the inclusion of control groups. The total model included the maximum number of nerves for analysis (209 nerves), the second model with the inclusion of the parameters of the contralateral nerves (128 nerves) and the third model with nerves of the healthy individuals (147 nerves).

In all three models, the greatest odds ratio was observed for the diameters of the adjacent arteries (6.13; 5.51; 9.56). The second most important predictor of TN for the general model and contralateral comparisons was the ratio of nerve diameters (1,97 and 3,3). For the third model (comparison with the healthy individuals), the second most important predictor was the length of neurovascular contact (1,88). Cross-sectional areas also had significance in all models (0,64; 0,71; 0,63). Values of angles and lengths of nerves had lower statistical significance for all models.

Thus, the most important MR patterns for the diagnosis of TN were the diameters of the adjacent arterial loops and the ratio of nerve diameters in REZ. This fact may reflect the importance of nerve deformation for first two models. It may confirm the mechanical pressure as the main mechanism for classical TN.

Key words: Magnetic Resonance Imaging, Trigeminal Neuralgia, FIESTA, Neurovascular Relationships, Logistic Regression Analysis, Statistical Model, Odds Ratio.

Актуальность

Тригеминальная невралгия (ТН) является хроническим заболеванием, характеризующимся классической неврологической картиной в виде периодически повторяющихся приступов стреляющих, иногда жгучих болей в областях иннервации тройничного нерва — по одной

либо нескольким ветвям одновременно. Чаще поражение носит односторонний характер, волнообразное течение с перемежающимися ремиссиями и тенденцией к ухудшению симптоматики с течением времени. Заболеваемость ТН по различным оценкам колеблется от 4–5

до 30–50 случаев на 100 000 общего населения; в США диагностируется около 15 000 новых случаев ТН ежегодно [4].

ТН обычно приводит к серьезному снижению качества жизни больных, общему снижению социальной активности последних. Общие финансовые затраты на диагностику и лечение ТН велики. По данным статистики в США только на долю хирургического лечения ежегодно выделяется до 100 млн долл. [13].

У. Денди в 1934 г. предложил теорию микроваскулярной компрессии, объясняющую возникновение ТН сдавлением тройничного нерва артериями либо венами задней черепной ямки (ЗЧЯ). Данная теория была развита в 1967 г. американским нейрохирургом П. Джаннеттой, который также объяснял ТН наличием сосудистой петли либо другой сосудистой аномалии по ходу нерва [1, 6].

Основным понятием теории микроваскулярной компрессии служит так называемый невровакулярный конфликт (НВК) — контакт тройничного нерва с прилежащими сосудистыми структурами [7]. Чаще всего с тройничными нервами контактируют артерии мозжечка, реже отмечается контакт нерва с базилярной артерией и интракраниальными сегментами позвоночных артерий [2]. Наиболее подвержена экстраневральному сдавлению область тройничного нерва, лежащая на стыке центральной и периферической нервных систем — так называемая зона Редлиха — Оберштайнера. Чаще в международной литературе используется схожий термин REZ (root entry zone — область вхождения корешка), анатомически близкий зоне Редлиха — Оберштайнера. Данная примостовая область отличается наличием конусо-

видного перехода центральной глиальной миелинизации в периферическую посредством обычных шванновских клеток [3, 4, 6]. Несмотря на все вышеперечисленные предпосылки к возникновению ТН, при НВК последний зачастую не наблюдается у больных ТН [7, 9]. По данным аутопсий НВК выявляется у 90–100 % пациентов с ТН, однако он также встречается и у контрольных пациентов без клинически выраженной неврологической симптоматики [4]. При визуализации ЗЧЯ МР-картина близка к данным аутопсий, что служит препятствием для адекватной диагностики ТН и поднимает вопрос об адекватной оценке анализируемых МР-паттернов с целью снижения числа ложноположительных диагнозов, остающихся по данным МРТ стабильно высокими — порядка 35 % [2].

С целью диагностики ТН и верификации НВК в МРТ используется комплексная оценка изменений самих тройничных нервов в области ЗЧЯ в совокупности с окружением последних — с описанием объемов мостомозжечковых цистерн и набором различных характеристик прилежащих кровеносных сосудов. При ТН в пораженных нервах изменяются показатели формы и структуры, а сосудистые петли (чаще мозжечковых артерий) тесно контактируют вплоть до деформации с REZ-областями. Вышеописанные изменения оцениваются посредством целого ряда импульсных последовательностей — тонкосрезовых T2-ВИ, T1-ВИ, включением методик совмещения с результатами МР-ангиографии, постконтрастных томограмм и диффузионно-взвешенных изображений [2, 11].

Наиболее рутинной импульсной последовательностью с наилучшей ви-

зуализацией структур ЗЧЯ служит своеобразная МР-цистернография, где структуры визуализируются на фоне гиперинтенсивного ликвора — последовательности Steady State Free Precession и, в частности, последовательности FIESTA (fast imaging employing steady-state acquisition). В научной литературе данная последовательность является стандартной в оценке формы тройничных нервов, выраженности деформации последних и выраженности НВК при наличии такового [5, 12, 15]. Полученные МР-паттерны требуют комплексной оценки для уточнения диагностической ценности по отдельности и в сравнении друг с другом [4, 9].

Цель: комплексная оценка и сравнение МР-паттернов, получаемых при использовании импульсной последовательности FIESTA применительно к наличию ТН.

Материалы и методы

Работа выполнена на базе ФГАУ «НМИЦ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России в период с 2018 по 2019 г. Ретроспективно проанализированы данные 133 последовательностей FIESTA, полученных при сканировании базальных цистерн 86 пациентов с классической ТН и 47 пациентов контрольной группы. Все больные ТН имели клиническую верификацию в виде подтвержденной неврологами типичной клинической картины ТН. 86 больных подверглись операции микровазкулярной декомпрессии на базе центра с интраоперационной верификацией диагноза и последующей регрессией клинической симптоматики. Из исследования исключались все пациенты с наличием атипичной клиники ТН, а также ТН вторичной природы как ре-

зультата наличия воспалительных процессов, сосудистых мальформаций и опухолей. Также из данного исследования исключались случаи с возможным венозным контактом (прилегание нерва к вене Денди и другим венам ЗЧЯ) и двусторонние случаи ТН.

Томографы Discovery 750w (3 Тл) и Optima 450w (1,5 Тл) производства General Electric (США) применялись для обследования больных и пациентов контрольной группы. МР-данные включались в исследование при наличии изотропной аксиальной последовательности FIESTA (TR 6,6, TE 3,2, матрица 200 × 200, толщина среза 0,5 мм, интервал между срезами 0,5 мм, угол поворота 55°) удовлетворительного качества.

Полученные изотропные последовательности FIESTA реконструировались в необходимых для измерения плоскостях на рабочей станции Advantage Workstation AW4.6 (General Electric, США).

С целью адекватной статистической обработки все данные пациентов предварительно подвергались рандомизации и анонимизации.

Измерение проводилось по нескольким МР-паттернам: длине интрацистернальной порции тройничного нерва, площади сечения нервов в REZ-областях, отношению диаметров нервов в аналогичных областях, протяженности НВК, диаметра прилежащего артериального сосуда, угла поперечного нейроваскулярного пересечения и угла сосудистой петли прилежащей артерии.

Длина интрацистернальной порции тройничного нерва считалась как расстояние между задним контуром ганглия тройничного нерва и передней точкой вхождения нерва в ствол мозга. Измерение проводилось с учетом

косоугольного хода нервов в ортогональных плоскостях.

Площадь сечения корешка тройничного нерва измерялась в перпендикулярной ходу последнего плоскости в точке НВК либо в 3 мм от ствола мозга при отсутствии явного НВК у больных и в контрольной группе. Площадь измерялась при помощи автоматического инструмента обведением внешнего контура нерва.

Отношение диаметров нервов определялось в точках, аналогичных таковым для площадей. Измерялось отношение наибольшего диаметра к наименьшему с получением значений, отражающих общее уплощение нервных корешков.

Протяженность НВК оценивалась измерением дистанции отсутствия сигнала ликвора в промежутке между нервами и артериями. При отсутствии такового протяженность оценивалась как нулевое значение.

Диаметры прилежащих артерий подлежали оценке в плоскостях, наиболее перпендикулярных сосудам на высотах петель последних.

Углы поперечных нейроваскулярных пересечений подлежали оценке в аксиальных плоскостях с определением наименьших углов пересечения длинников тройничных нервов и прилежащих сосудистых петель.

Сами углы сосудистых петель оценивались в плоскости хода последних с использованием стандартного инструмента построения углов рабочей станции при расположении лучей параллельно наиболее прямому участку плечей петли и положением вершины в области НВК (наибольшего изгиба петли при отсутствии прямого НВК). С целью комплексной и относительной оценки вклада каждого МР-паттерна

в диагностику ТН был осуществлен многофакторный анализ посредством программного пакета MedCalc 11.5 (MedCalc Software, Бельгия).

Были построены три логистические регрессионные модели для анализируемых МР-паттернов. В первую и наиболее полную модель были включены параметры всех нервов и сосудистых петель больных и пациентов контрольной группы. Во вторую модель включались только параметры больных ТН — с контралатеральными данными на здоровой стороне в качестве сравнения. Третья модель включала сравнение данных на стороне поражения только с нервами здоровых пациентов контрольной группы.

При отсутствии данных по каким-либо МР-паттернам (наличии выпавших точек) все данные конкретного пациента исключались из модели и не вносили вклада в сравнение.

Паттерн включался в модель при наличии порогового уровня $p < 0,1$; уровень значимости внутри полученных моделей составлял $p < 0,05$. Логистические модели строились с пошаговым включением переменных.

Качественный критерий наличия ТН принимался за общую зависимую переменную. Независимыми переменными при построении математических моделей служили семь вышеперечисленных МР-паттернов.

Результаты и их обсуждение

После процедуры исключения выпавших данных в наиболее общую модель были включены 209 нервов. Результаты моделирования представлены в табл. 1.

Внутри модели все МР-паттерны показали статистически приемлемый уровень значимости, за исключением

Таблица 1

Статистические данные общей модели с включением наибольшего числа тройничных нервов

МР-паттерн	Отношение шансов	Доверительный интервал	p
Диаметр прилежащей артерии	6,13	1,62–23,26	0,008
Отношение диаметров тройничного нерва в REZ	1,97	1,03–3,79	0,04
Протяженность нейроваскулярного прилегания	1,52	1,27–1,83	0,0001
Площадь сечения тройничного нерва в REZ	0,64	0,48–0,85	0,0025
Угол поперечного нейроваскулярного пересечения	1,02	1–1,03	0,017
Длина интракостеральной порции тройничного нерва	N/A	N/A	> 0,1
Угол прилежащей сосудистой петли	N/A	N/A	> 0,1

длин нервов в ЗЧЯ и углов прилежащих сосудистых петель. Для углов поперечного нейроваскулярного пересечения отношение шансов было практически равно единице, остальные отношения шансов отличались от единицы не менее чем на 0,36.

В табл. 2 представлены результаты сравнения нервов внутри группы больных ТН — с включением МР-паттернов на интактных сторонах. В модель были включены 128 нервов.

В данной модели результаты были сходными с таковыми для общей модели. Длины нервов и углы сосудистых петель исключались как незначимые, углы поперечного нейроваскулярного пересечения показывали отношение шансов, близкое к единице. Остальные отношения шансов отклонялись от единицы более чем на 0,29.

Третья модель с контрольными значениями нервов здоровых пациентов включала 147 нервов. Результаты мо-

делирования несколько отличались от двух вышеописанных (табл. 3).

Из модели помимо длины нервов в ЗЧЯ и углов сосудистых петель в связи с низкой статистической значимостью исключалось также отношение диаметров тройничных нервов в REZ-областях.

Вторым по значимости предиктором ТН в данной модели служила протяженность НВК с отношением шансов 1,88.

Все три модели сходятся в том, что наиболее выраженным предиктором ТН является диаметр прилежащей к нерву артерии. Данный факт может интерпретироваться при помощи механической модели развития НВК. Диаметр прилежащей артерии предположительно связан со степенью механического воздействия. Крупные артерии потенциально оказывают большее давление на прилежащий тройничный нерв за счет размера и большей выраженности проходящей пульсовой волны.



Таблица 2

Статистические данные модели с включением только значений МР-паттернов контралатеральных нервов больных ТН

МР-паттерн	Отношение шансов	Доверительный интервал	р
Диаметр прилежащей артерии	5,51	1,13–26,91	0,035
Отношение диаметров тройничного нерва в REZ	3,3	1,36–8	0,008
Протяженность нейроваскулярного прилегания	1,56	1,24–1,96	0,0002
Площадь сечения тройничного нерва в REZ	0,71	0,53–0,96	0,028
Угол поперечного нейроваскулярного пересечения	1,02	1–1,04	0,016
Длина интракостеральной порции тройничного нерва	N/A	N/A	> 0,1
Угол прилежащей сосудистой петли	N/A	N/A	> 0,1

Таблица 3

Статистические данные модели с включением только МР-паттернов тройничных нервов здоровых добровольцев

МР-паттерн	Отношение шансов	Доверительный интервал	р
Диаметр прилежащей артерии	9,56	1,97–46,3	0,0051
Отношение диаметров тройничного нерва в REZ	N/A	N/A	> 0,1
Протяженность нейроваскулярного прилегания	1,88	1,45–2,44	0,0001
Площадь сечения тройничного нерва в REZ	0,63	0,478–0,84	0,0018
Угол поперечного нейроваскулярного пересечения	0,99	0,98–1	0,0183
Длина интракостеральной порции тройничного нерва	N/A	N/A	> 0,1
Угол прилежащей сосудистой петли	N/A	N/A	> 0,1

Вторым по значимости предиктором ТН для первых двух моделей являлось отношение диаметров нервных корешков в REZ-областях. Чем больше

данный МР-признак, тем более выражено уплощение корешков. Само уплощение может являться результатом двух обстоятельств. Атрофия нерва как ре-

зультат НВК либо старения может приводить к уплощению в связи с наличием в структуре вариантов раздельного хода чувствительной и двигательной порций. Прямая деформация нерва артериальной петлей также увеличивает отношение диаметров.

Для третьей модели с включением для сравнения нервов здоровых пациентов отношение диаметров исключалось в связи с низкой статистической значимостью. Данный факт может объясняться высокой вариабельностью формы нервов у здоровых пациентов, число нервов которых при включении в модель превышало число пораженных нервов у больных ТН.

Протяженность НВК также являлась хорошим предиктором ТН. Наибольшее отношение шансов для данного МР-паттерна отмечалось в третьей модели, что может быть объяснено большей эктазией и извитостью артерий ЗЧЯ в группе больных ТН на ипсилатеральных и контралатеральных сторонах.

Площадь сечения нервных корешков в REZ-областях во всех случаях показала сходную значимость – отношения шансов были менее единицы в диапазоне 0,29–0,37. Площадь сечения нервов отрицательно коррелирует со степенью атрофии корешков. Слабый вклад во всех трех моделях может иметь под собой патогенетическую основу – общая атрофия корешков приводит к изменениям в сечениях уже после изменений в форме нервов. Сравнительно низкая значимость МР-паттерна сечения тройничного нерва также может быть обусловлена относительной сложностью получения данных – полуавтоматической процедурой обведения контура нервного корешка в сравнении с простым изменением

расстояний для большинства остальных МР-паттернов.

Остальные МР-паттерны (длины нервных корешков, показатели углов хода прилежащих артерий) показали низкую диагностическую ценность во всех моделях. Если для длин корешков в ЗЧЯ полученные результаты легко объясняются отсутствием явной патогенетической связи, то для показателей углов прилежащих артерий низкая статистическая значимость может быть объяснена наличием широкого диапазона вариабельности хода сосудов со склонностью к повышению извитости у пожилых пациентов и сходным уровнем повышенной извитости у больных ТН с обеих сторон.

Наша дальнейшая работа по комплексной оценке МР-паттернов в диагностике ТН будет посвящена включению в модели большего числа паттернов, получаемых из последовательности FIESTA, например – положениям точек НВК относительно ствола мозга и расстояниям от контуров тройничных нервов до прилежащих артериальных стенок.

Выводы

Импульсные последовательности по типу МР-цистернографии (FIESTA и аналогичные ей) могут быть успешно использованы для оценки целого комплекса изменений интрацистернальных порций тройничных нервов и прилежащих сосудов, включая изменения формы нервов и хода сосудов.

У больных ТН на сторонах поражения отмечаются статистически значимые изменения формы нервов, включая уплощение корешков и уменьшение площадей сечения в REZ-областях.

Также у больных классической ТН отмечается большая относительная значимость протяженности нейроваску-

лярного прилежания в статистической модели с включением данных здоровых пациентов. Данный МР-паттерн менее важен в моделях с включением контралатеральных параметров больных, что с наибольшей вероятностью отражает большую изначальную выраженность извитости артерий ЗЧЯ у больных ТН.

Наиболее часто классической ТН во всех моделях сопутствует больший диаметр прилежащей артерии и уплощение нерва в REZ-области. Данные факты могут подтверждать важность степени механического воздействия и атрофии нервов в возникновении классической ТН.

Все построенные статистические модели согласуются между собой касательно сравнительной малозначимости в диагностике НВК длин тройничных нервов интракостернально, углов поперечного нейроваскулярного пересечения и углов прилежащих сосудистых петель статистически малозначимыми в сравнении с остальными МР-паттернами во всех построенных моделях.

Список литературы/ References

1. *Балязина Е. В., Алексеева Н. А.* Сравнительный анализ клиники невралгии тройничного нерва в зависимости от варианта нейроваскулярного конфликта // Саратовский научно-медицинский журнал. 2012. № 8 (2). С. 388–393. *Balyazina E. V., Alekseeva N. A.* Features of neurovascular conflict disposed to neuralgic status development. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal.* 2012. No. 8 (2). P. 388–393 (in Russian).
2. *Быченко В. Г., Курашвили Ю. Б., Шиманский В. Н., Григорян Ю. А., Терновой С. К.* Особенности выполнения МР-томографии и лучевой анатомии тройничного нерва // REJR. 2011. № 1 (3). С. 54–62.

3. *Bychenko V. G., Kurashvili Yu. B., Shimanskiy V. N., Grigoryan Yu. A., Ternovoy S. K.* Features of magnetic resonance imaging and anatomical characteristics trigeminal nerve using MRI // REJR. 2011. No. 1 (3). P. 54–62 (in Russian).
4. *Alper J., Shrivastava R. K., Balchandani P.* Is there a magnetic resonance imaging-discernible cause for trigeminal neuralgia? // A Structured Review. *World Neurosurg.* 2017. No. 98. P. 89–97.
5. *Antonini G., di Pasquale A., Cruccu G., Truini A., Morino S., Saltelli G., Romano A., Trasimeni G., Vanacore N., Bozzao A.* Magnetic resonance imaging contribution for diagnosing symptomatic neurovascular contact in classical trigeminal neuralgia: A blinded case-control study and meta-analysis // *Pain.* 2014. V. 155. No. 8. P. 1464–1471.
6. *Erbay S. H., Bhadelia R. A., O'Callaghan M., Gupta P., Riesenburger R., Krackov W., Polak J.* Nerve atrophy in severe trigeminal neuralgia: noninvasive confirmation at MR imaging – initial experience // *Radiol.* 2006. V. 238. No. 2. P. 689–692.
7. *Harsha K., Kesavadas C., Chinchure S., Thomas B., Jagtap S.* Imaging of vascular causes of trigeminal neuralgia // *J. Neuroradiol.* 2012. V. 39. № 5. P. 281–289.
8. *Jannetta P.* Neurovascular compression in cranial nerve and systemic disease // *Ann. Surg.* 1980. V. 194. № 4. P. 518–525.
9. *Ko A., Lee A., Raslan A., Ozpinar A., McCartney S., Burchiel K.* Trigeminal neuralgia without neurovascular compression presents earlier than trigeminal neuralgia with neurovascular compression // *J. Neurosurg.* 2015. V. 123. No. 6. P. 1519–1527.
10. *Leal P. R. L., Amédée Roch J., Hermier M., Souza M., Cristino-Filho G., Sindou M.* Structural abnormalities of the trigeminal root revealed by diffusion tensor imaging

- in patients with trigeminal neuralgia caused by neurovascular compression: A prospective, double-blind, controlled study // *Pain*. 2011. V. 152. No. 10. P. 2357–2364.
10. Lee A., McCartney S., Burbidge C., Rasilan A., Burchiel K. Trigeminal neuralgia occurs and recurs in the absence of neurovascular compression // *J. Neurosurg*. 2014. V. 120. No. 5 P. 1048–1054.
 11. Lutz J., Thon N., Stahl R., Lummel N., Tonn J.-C., Linn J., Mehrkens J.-H. Microstructural alterations in trigeminal neuralgia determined by diffusion tensor imaging are independent of symptom duration, severity and type of neurovascular conflict // *J. Neurosurg*. 2015. P. 1–8.
 12. Park S.-H., Hwang S., Lee S., Park J., Hwang J., Hamm I. Nerve atrophy and a small cerebellopontine angle cistern in patients with trigeminal neuralgia // *J. Neurosurg*. 2009. V. 110. No. 4. P. 633–637.
 13. Pollock B. E., Ecker R. D. A prospective cost-effectiveness study of trigeminal neuralgia surgery // *Clin. J. Pain*. 2005. V. 21. No. 4. P. 317–322.
 14. Wang Y., Li D., Bao F., Gu, C., Ma S., Zhang M. Microstructural abnormalities of the trigeminal nerve correlate with pain severity and concomitant emotional dysfunctions in idiopathic trigeminal neuralgia: A randomized, prospective, double-blind study // *Magn. Reson. Imag.* 2016. V. 34. No. 5. P. 609–616.
 15. Wilcox S. L., Gustin Sylvia M., Eykman E. N., Fowler G., Peck C. C., Murray G. M., Henderson L. A. Trigeminal nerve anatomy in neuropathic and non-neuropathic orofacial pain patients // *J. Pain*. 2013. V. 14. No. 8. P. 865–872.

Сведения об авторах

Бакунович Александр Владимирович, врач-рентгенолог, ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России.
 Адрес: 125367, г. Москва, Ивановское шоссе, д. 3.
 Тел.: +7 (926) 982-43-89. Электронная почта: bioboi@yandex.ru
 ORCID: 0000-0003-3404-0548

Bakunovich Alexander Vladimirovich, Radiologist, National Medical Research Centre «Treatment and Rehabilitation Centre», Ministry of Healthcare of Russia.
 Address: 3, Ivan'kovskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.
 Phone number: +7 (926) 982-43-89. E-mail: bioboi@yandex.ru
 ORCID: 0000-0003-3404-0548

Синицын Валентин Евгеньевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФФМ МГУ.
 Адрес: 119991, г. Москва, Ломоносовский проспект, д. 21-10. Тел.: +7 (495) 531-27-27. Электронная почта: vsini@mail.ru
 ORCID: 0000-0002-5649-2193

Sinitsyn Valentin Evgen'evich, Ph. D. Med., Professor, Head of Chair of Radiology, Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University.
 Address: 27-10, Lomonosovsky prospekt, Moscow, 199911, Russia. Phone number: +7 (495) 531-27-27. E-mail: vsini@mail.ru
 ORCID: 0000-0002-5649-2193

Мершина Елена Александровна, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФФМ МГУ им. М.В. Ломоносова.
 Адрес: 119991, г. Москва, Ломоносовский проспект, д. 27-10.
 Тел.: +7 (495) 531-27-73. Электронная почта: elena_mershina@mail.ru
 ORCID: 0000-0002-1266-4926

Mershina Elena Aleksandrovna, Ph. D. Med., Radiologist, Assistant Professor of Chair of Radiology, Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University.
 Address: 27-10, Lomonosovsky prospekt, Moscow, 199911, Russia.
 Phone number: +7 (495) 531-27-73. E-mail: elena_mershina@mail.ru
 ORCID: 0000-0002-1266-4926

Финансирование исследования и конфликт интересов.

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.