<http://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-6-339-346>

Оценка диагностической ценности формы тройничных нервов и их нейроваскулярных взаимоотношений в диагностике тригеминальной невралгии

Бакунович А.В.^{1, *}, Синицын В.Е.², Мершина Е.А.², Григорян Ю.А.¹

¹ ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России,

Иваньковское ш., 3, Москва, 125367, Российская Федерация

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

Ломоносовский пр-т, 27, корп. 1, Москва, 119991, Российская Федерация

Резюме

Цель исследования – оценить диагностическую ценность анатомических характеристик интракостеральных порций тройничных нервов и прилежащих артерий в диагностике классической тригеминальной невралгии (ТН).

Материал и методы. При помощи изотропной МР-последовательности FIESTA проанализированы анатомические характеристики интракостеральных порций тройничных нервов и прилежащих к ним артерий у 133 пациентов, включая 86 пациентов с клинически и хирургически верифицированной ТН (55 ± 11 лет) и 47 пациентов группы контроля (51 ± 16 лет). Измерялись площади сечения тройничных нервов в 5 мм от моста мозга, отношения наибольшего и наименьшего диаметров нервов в аналогичных точках, расстояния до прилежащих артерий и расстояния между точкой теснейшего нейроваскулярного контакта и мостом мозга. Для всех параметров были построены характеристические кривые (ХК), выделены реперные точки с наибольшей специфичностью при приемлемом уровне чувствительности. Для каждой реперной точки определены показатели положительной и отрицательной прогностической ценности (ППЦ и ОПЦ).

Результаты. Для отношений диаметров тройничных нервов вблизи от моста мозга площадь под ХК равнялась 0,77. При реперной точке 1,89 отношение чувствительность/специфичность (Ч/С) составило 0,57/0,82 с ППЦ 0,74 и ОПЦ 0,83. Площадь под кривой для площадей сечения тройничных нервов у моста мозга составила 0,76. Реперная точка при значении площади $3,65 \text{ мм}^2$ дала отношение Ч/С 0,52/0,8 с ППЦ 0,51 и ОПЦ 0,91. Расстояние до прилежащей артерии дало площадь под ХК в 0,72. Отношение Ч/С при реперной точке 1,65 мм оказалось равно 0,53/0,789 при ППЦ 0,55 и ОПЦ 0,92. Площадь под ХК для расстояний между точкой нейроваскулярного конфликта и мостом мозга составила 0,75. Реперная точка в 4,05 мм при показателе Ч/С 0,6/0,78 характеризовалась ППЦ 0,77 и ОПЦ 0,94.

Заключение. Все проанализированные анатомические параметры показали приемлемую диагностическую ценность при диагностике ТН. Определенные реперные значения параметров могут быть использованы в диагностике ТН с наибольшим приемлемым показателем специфичности при максимальной ОПЦ для снижения частоты ложноположительных результатов.

Ключевые слова: тригеминальная невралгия; магнитно-резонансная томография; FIESTA; морфометрия; тройничный нерв; нейроваскулярные взаимоотношения; чувствительность; специфичность; положительная прогностическая ценность; отрицательная прогностическая ценность; характеристическая кривая.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Бакунович А.В., Синицын В.Е., Мершина Е.А., Григорян Ю.А. Оценка диагностической ценности формы тройничных нервов и их нейроваскулярных взаимоотношений в диагностике тригеминальной невралгии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2019; 100 (6): 339–46. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-6-339-346>

Статья поступила 22.04.2018

После доработки 21.12.2018

Принята к печати 11.01.2019

Estimation of the Diagnostic Value of the Shape of Trigeminal Nerves and Their Neurovascular Relationships in the Diagnosis of Trigeminal Neuralgia

Aleksandr V. Bakunovich^{1, *}, Valentin E. Sinitsyn², Elena A. Merzhina², Yuriy A. Grigoryan¹

¹ Federal Center of Treatment and Rehabilitation, Ministry of Health of the Russian Federation, Ivan'kovskoe shosse, 3, Moscow, 125367, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University,

Lomonosovskiy prospekt, 27, korpus 1, Moscow, 119991, Russian Federation

Abstract

Objective: to estimate the diagnostic value of the anatomical characteristics of the intracisternal portions of the trigeminal nerves and adjacent arteries in diagnosing classical trigeminal neuralgia (TN).

Material and methods. Fast Imaging Employing Steady-state Acquisition (FIESTA) using an isotropic MRI sequence was used to analyze the anatomical characteristics of the intracisternal portions of the trigeminal nerves and adjacent arteries in 133 patients, including 86 patients aged 55 ± 11 years with clinically and surgically verified TN and in 47 patients aged 51 ± 16 years in the control group. The investigators measured the cross-sectional areas of the trigeminal nerves at 5 mm from the pons cerebelli, the ratio of the largest-to-smallest nerve diameters at similar points, the distance to the adjacent arteries, and that between the closest neurovascular contact (NVC) point and the pons cerebelli. Characteristic curves (CC) were constructed and reference points with the highest specificity were selected with an acceptable sensitivity level for all parameters. Positive and negative predictive values (PPV and NPV, respectively) are determined for each reference point.

Results. The area under the CC was equal to 0.77 for the ratio to the diameters of the trigeminal nerves near the pons cerebelli. At a reference point of 1.89, the sensitivity/specificity (Se/Sp) ratio was 0.57/0.82 with a PPV of 0.74 and an NPV of 0.83. The area under the curve for the cross-sectional areas of the trigeminal nerves at the pons cerebelli was 0.76. The reference point with an area of 3.65 mm^2 yielded a Se/Sp ratio of 0.52/0.8 with a PPV of 0.51 and an NPV of 0.91. The distance to the adjacent artery gave an area under the CC of 0.72. The Se/Sp ratio at a reference point of 1.65 mm turned out to be 0.53/0.789 at a PPV of 0.55 and an NPV of 0.92. The area under the CC for the distances between the NVC point and the pons cerebelli was 0.75. The reference point of 4.05 mm with a Se/Sp index of 0.6/0.78 was characterized by a PPV of 0.77 and an NPV of 0.94.

Conclusion. All the analyzed anatomical parameters showed an acceptable diagnostic value in diagnosing TN. Certain reference values of the parameters can be used to diagnose TN with the highest acceptable specificity at the maximum NPV to reduce frequent false-positive results.

Keywords: trigeminal neuralgia; magnetic resonance imaging; FIESTA; morphometry; trigeminal nerve; neurovascular relationships; sensitivity; specificity; positive predictive value; negative predictive value; characteristic curve.

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

Funding. The study had no sponsorship.

For citation: Bakunovich A.V., Sinitsyn V.E., Merzhina E.A., Grigoryan Yu.A. Estimation of the diagnostic value of the shape of trigeminal nerves and their neurovascular relationships in the diagnosis of trigeminal neuralgia. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2019; 100 (6): 339–46 (in Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-6-339-346>

Received 22.04.2018

Revised 21.12.2018

Accepted 11.01.2019

Введение

Тригеминальная невралгия (ТН) – хроническое заболевание, проявляющееся периодическими болевыми приступами в области иннервации ветвей тройничного нерва, преимущественно в области лица и/или нижней челюсти справа. ТН весьма распространенное заболевание, ее частота колеблется от 4–5 до 30–50 случаев на 100 тыс. населения. По данным отчетов, в США диагностируется порядка 15 тыс. впервые установленных случаев ежегодно [1]. Тяжесть повторяющихся болевых приступов приводит к существенному нарушению течения нормального ритма жизни больных, что в сочетании с высокой встречаемостью в популяции определяет значительную социальную значимость ТН. С экономической точки зрения финансовые затраты на лечение достаточно велики: так, в США только на хирургическое лечение выделяется до 100 млн долл. ежегодно [2, 3].

В качестве основного этиологического фактора ТН наиболее часто рассматривается механическое воздействие прилежащей к интракистеральной порции тройничного нерва поперечно идущей сосудистой петли либо контакт с сосудистой мальформацией, – соответствующая теория микроваскулярной компрессии была впервые предложена в 1934 г.

W.E. Dandy и развита в 1967 г. американским нейрохирургом P.J. Jannetta [4–7]. Согласно теории микроваскулярной компрессии, у больных с ТН имеет место так называемый нейроваскулярный конфликт (НВК) – механическое перекрестное взаимодействие тройничного нерва с прилежащими сосудистыми структурами [8]. Наиболее часто причиной НВК служат артерии мозжечка – верхняя мозжечковая артерия и, реже, передняя нижняя мозжечковая артерия. Также НВК может быть вызван базилярной артерией и интракраниальными сегментами позвоночных артерий [9, 10]. Считается, что наиболее чувствительна к механическому воздействию и возникновению НВК область тройничного нерва, называемая в англоязычной литературе REZ (root entry zone – область вхождения корешка). Данная область расположена непосредственно у моста мозга и содержит глиальный конус остаточной центральной миелинизации, переходящий в периферическую миелинизацию остальной порции нерва посредством шванновских клеток. Стык центральной и периферической нервных систем, так называемая зона Редлиха–Оберштейнера, особо чувствительна к механическому воздействию [1, 4, 11].

Несмотря на то что микроваскулярная компрессия принимается научным сообществом как

наиболее вероятная причина первичной ТН, многие исследователи указывают на наличие типичной симптоматики в отсутствие НВК интракистернально [12, 13]. По данным аутопсий, НВК выявляется у 90–100% пациентов с ТН, однако имеет место и обратная ситуация: НВК определяется у пациентов, не имевших клинически выраженной неврологической симптоматики [1, 14–16]. На сегодняшний день частота ложноположительных диагнозов ТН остается неудовлетворительно высокой – порядка 35% [9].

В связи с наличием данной проблемы актуальным является поиск объективных количественных характеристик тройничных нервов и нейроваскулярных взаимодействий, которые могут снизить число ложноположительных диагнозов [7, 17, 18].

Материал и методы

Проспективное исследование выполнено на базе Лечебно-реабилитационного центра Минздрава России в период с 2012 по 2017 г. В исследование включены 133 пациента: 86 больных классической ТН и 47 пациентов контрольной группы. Все больные ТН имели верификацию заболевания – клиническую либо в совокупности с визуальным подтверждением при микроваскулярной декомпрессии. Из исследования были исключены больные с атипичными и двусторонними формами ТН, а также с невралгиями, индуцированными демиелинизирующим процессом, воспалением, опухолью. В исследование включали больных с прилежащими артериальными сосудами, при этом случаи с возможным венозным контактом (прилегание нерва к вене Денди и другим венам задней черепной ямки) и сосудистыми аномалиями на уровне базальных цистерн (мегадолихография и прочие) исключались из исследования.

Сканирование проводилось на томографах Discovery 750w (3T) и Optima 450w (1,5 T) производства General Electric. МР-исследование выполнялось в трех стандартных взаимно-перпендикулярных плоскостях с обязательным включением в план сканирования 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°).

При помощи полученных томограмм оценивались следующие нейроваскулярные взаимоотношения: наименьшие расстояния между данными артериями и поверхностью нервов (рис. 1), наименьшие расстояния от точек теснейшего НВК до ствола мозга (рис. 2), отношения диаметров сечений тройничных нервов в 5 мм от моста мозга и общие площади сечений нервов там же (рис. 3, 4). Для каждого признака строились три характеристические кривые (ХК): с включением показателей интактных нервов на контралатеральной стороне у больных ТН, с включением показателей контрольной группы и всех проанализированных интактных нервов. Реперные точки выбирались с наибольшим возможным показателем специфичности с приемлемым уровнем чувствительности для наиболее общего случая ХК.

Диаметры и расстояния определялись вручную на рабочей станции Advantage Workstation AW4.6 (General Electric, США). Диаметры и площади тройничных нервов оценивались на косых фронтальных реформациях, перпендикулярных ходу нервов. Расстояния до моста и артерий на фронтальных срезах оценивались полуавтоматически при помощи соответствующего 3D-инструмента.

Статистическая обработка, построение ХК и получение показателей чувствительности/специфичности (Ч/С) осуществлялись с помощью паке-

Рис. 1. Реконструкция из аксиальной серии FIESTA: коронарная плоскость. Двумя параллельными белыми линиями обозначено наименьшее расстояние между тройничным нервом и верхней мозжечковой артерией, контралатеральная выделена угловыми стрелками

Рис. 2. Аксиальная серия FIESTA. Белой линией обозначено расстояние от точки наиболее тесного нейроваскулярного контакта до моста мозга

Рис. 3. Измерение наибольшего и наименьшего диаметров (белые линии) тройничных нервов в REZ области на фронтальных реконструкциях серии FIESTA

Рис. 4. Измерение площади сечения тройничных нервов (выделены белыми контурами) на уровне REZ с использованием фронтальных реконструкций изотропной последовательности FIESTA

та программ IPSS Statistics 23.0 (IBM, США). Для сравнения проанализированных показателей с аналогичными в группе контроля использовался U-критерий Манна–Уитни.

Результаты

Средний возраст пациентов с ТН составил 55 ± 11 лет, контрольной группы – 51 ± 16 лет. В обеих группах преобладали женщины: в 1-й группе было 76 женщин и 10 мужчин, в контрольной – 37 и 10 соответственно.

Отношение диаметров интракостеральных порций тройничных нервов оказалось больше на стороне поражения по сравнению с данными контрольной группы (медиана 2,07 против 1,4; $p < 0,001$). Площадь сечения REZ пораженных нервов была меньше таковой в группе контроля (медиана 2,3 мм² против 3,55 мм²; $p < 0,001$). На стороне тригеминальной невралгии расстояние от

точки НВК до моста мозга характеризовалось меньшим значением (медиана 2,7 мм против 5,3 мм; $p < 0,001$). Расстояние между поверхностью тройничного нерва и прилежащей артерией оказалось достоверно меньше при наличии невралгии (медиана 0 мм против 2,1 мм; $p < 0,001$).

Для оценки диагностической ценности отношений диаметров нервов у моста мозга построены три ХК, причем формы кривых и площади под ними не отличались друг от друга (рис. 5). Для определения реперной точки с наибольшей специфичностью использована ХК с включением максимального числа показателей и площадью под кривой 0,77. Реперная точка имела значение 1,89 при специфичности 0,82 и чувствительности 0,57. При выбранной реперной точке число ложноотрицательных результатов составило 37 и отрицательная прогностическая ценность (ОПЦ), соответственно,

Рис. 5. ХК и реперная точка для отношений диаметров тройничных нервов:

а – с включением значений контрольной группы; б – с включением значений контралатеральных интактных нервов; в – ХК с включением всех значений

0,83. Ложноположительные результаты отмечены в 30 случаях, и положительная прогностическая ценность (ППЦ) составила 0,74.

Для площадей сечения нервов у моста мозга площадь под ХК с включением контралатеральных интактных нервов составила 0,74, с включением данных контрольной группы – 0,77, с включением всех показателей 0,76. В связи с пологостью ХК нами выделены две реперные точки для обсчета дальнейших показателей (рис. 6). Первая реперная точка в 3,65 мм² дала наибольшую специфичность – 0,52. При данной реперной точке число ложноотрицательных диагнозов составило 17, однако ложноположительные диагнозы были поставлены 83 пациентам. ППЦ и ОПЦ при этой реперной точке составили 0,51 и 0,91 соответственно. Вторая реперная точка со значением 3 мм² име-

ла компромиссные показатели чувствительности и специфичности – 0,72 и 0,66 соответственно при ППЦ 0,6 (43 ложноположительных диагноза) и ОПЦ 0,86 (29 ложноотрицательных диагнозов).

Площади ХК для нейроваскулярных расстояний при включении контралатеральных нервов и контрольной группы составили 0,71 и 0,68 соответственно. Для обобщенных значений площадь под ХК равнялась 0,72. Реперная точка с наибольшей приемлемой специфичностью составила 1,35 мм при специфичности значения 0,75 и чувствительности 0,6. ППЦ и ОПЦ составили 0,6 и 0,91 соответственно (при 57 ложноположительных и 18 ложноотрицательных результатах) (рис. 7).

При оценке расстояний между НВК и мостом мозга площадь под ХК с включением контралатеральных нервов была меньше, нежели при включении данных контрольной группы – 0,69 против 0,81

Рис. 6. ХК и реперные точки для площадей сечения тройничных нервов:

а – с включением значений контрольной группы; б – с включением значений контралатеральных интактных нервов; в – ХК с включением всех значений

Рис. 7. ХК и реперная точка для наименьших расстояний от тройничных нервов до прилежащих артерий:

а – с включением значений контрольной группы; б – с включением значений контралатеральных расстояний; в – ХК с включением всех значений

Рис. 8. ХК и реперная точка для расстояний между точкой теснейшего НВК и мостом мозга:

а – с включением значений контрольной группы; б – с включением значений контралатеральных расстояний; в – ХК с включением всех значений

Диагностические характеристики измеренных параметров тройничных нервов и нейроваскулярных взаимоотношений

Параметр	Площадь под ХК	Значение реперной точки	Ч/С	ППЦ	ОПЦ
Минимальное расстояние между тройничным нервом и артерией	0,72	1,35 мм	0,6/0,75	0,6	0,91
Расстояние между точкой наибольшего НВК и мостом мозга	0,75	4,05 мм	0,6/0,78	0,77	0,94
Отношение диаметров сечения тройничного нерва	0,77	1,89	0,57/0,82	0,74	0,83
Площадь сечения тройничного нерва	0,76	3,65 мм ²	0,52/0,8	0,51	0,91
		3 мм ²	0,72/0,66	0,6	0,86

(рис. 8). С учетом всех значений признака площадь под кривой составила 0,75. Реперное значение в 4,05 мм дало показатель специфичности 0,78 и чувствительности 0,6. При данном значении ложноотрицательные результаты получены в 12 случаях, ложноположительные – в 26. ОПЦ составила 0,94 при ППЦ 0,77.

Все полученные результаты представлены в таблице.

Обсуждение

Ведущим фактором в возникновении классической ТН считается механическое воздействие прилежащего сосуда, наиболее часто происходящее в уязвимой области REZ интракистеральной порции. Данное обстоятельство позволяет предположить взаимосвязь между наличием ТН и расстоянием до прилежащей артерии. При анализе ХК по данному признаку была определена приемлемая диагностическая точность в 0,72 и выделена отличная от нуля (непосредственное прилегание) реперная точка в 1,35 мм при специфичности показателя 0,75. С использованием предложенной реперной точки представляется возможным исключить

наличие ТН у пациентов с большим расстоянием до прилежащей артерии.

Как было отмечено выше, ТН чаще всего возникает при наличии нейроваскулярного контакта в области REZ, определяемой авторами как участок в 3–6 мм от моста мозга. Этот признак показал приемлемую диагностическую точность – 0,75. Полученные данные указывают на большую частоту возникновения ТН по мере сокращения расстояния между точкой НВК и мостом мозга. Реперная точка в 4 мм дает показатель специфичности 0,78.

Нейроваскулярное взаимодействие может приводить к атрофии последнего в области контакта: действительно, некоторыми авторами выявлено уменьшение площади поперечного сечения нерва и уменьшение объема его интракистеральной порции [1].

Вычисленное нами отношение диаметров тройничного нерва отражает изменение формы последнего – при увеличении данного показателя нерв уплощается, что, предположительно, может иметь связь с атрофией его наибольшей, чувствительной, порции. Данный признак показал наибольшую

диагностическую точность из всех проанализированных – 0,77. Реперная точка с наибольшей приемлемой специфичностью 0,82 соответствовала отношению 1,89.

Площадь сечения тройничного нерва показала близкую диагностическую точность в 0,76. В связи с отсутствием на ХК резких изменений Ч/С были определены две реперные точки. Точка с наибольшей приемлемой специфичностью в 3,65 мм² имеет высокую ОПЦ – 0,91, однако ППЦ при такой точке низка и составляет 0,51. Вторая реперная точка в 3 мм² имеет более сбалансированные значения чувствительности и специфичности, однако ОПЦ при данной точке составляет 0,86. Выбор реперной точки зависит от поставленной диагностической задачи; для исключения ложноположительных результатов может быть использована реперная точка с меньшей площадью сечения.

Формы ХК для всех проанализированных параметров в областях с наибольшими значениями специфичности оказались сходными для построений с использованием как параметров группы контроля, так и контралатеральных значений на непораженных сторонах. Также диагностическая точность при использовании контралатеральных

значений признаков практически не отличалась от таковой при включении параметров контрольной группы, что косвенно подтверждает значимость проанализированных параметров в диагностике классической ТН.

Заключение

Показатели формы тройничных нервов в виде площади сечения и отношения диаметров, а также расстояния до прилежащих артерий и расстояния между точками тесного нейроваскулярного контакта до моста мозга показали приемлемую и приблизительно равную диагностическую ценность применительно к оценке наличия у пациентов ТН.

Предложенные реперные точки значений признаков с наибольшей специфичностью могут быть использованы для снижения имеющей место гипердиагностики ТН посредством МРТ.

Использованная изотропная импульсная последовательность FIESTA удобна для быстрого и эргономичного расчета вышеприведенных диагностических параметров и может успешно использоваться в диагностике такого распространенного и социально значимого заболевания, как классическая тригеминальная невралгия.

Литература [References]

- Antonini G., Di Pasquale A., Cruccu G., Truini A., Morino S., Saltelli G. et al. Magnetic resonance imaging contribution for diagnosing symptomatic neurovascular contact in classical trigeminal neuralgia: a blinded case-control study and meta-analysis. *Pain*. 2014; 155 (8): 1464–71. DOI: 10.1016/j.pain.2014.04.020
- Katusic S., Beard C., Bergstralh E., Kurland L. Incidence and clinical features of trigeminal neuralgia. *Ann. Neurol.* 1990; 27 (1): 89–95. DOI: 10.1002/ana.410270114
- Pollock B.E., Ecker R.D. A prospective cost-effectiveness study of trigeminal neuralgia surgery. *Clin. J. Pain.* 2005; 21 (4): 317–22. DOI: 10.1097/01.aip.0000125267.40304.57
- Harsha K., Kesavadas C., Chinchure S., Thomas B., Jagtap S. Imaging of vascular causes of trigeminal neuralgia. *J. Neuroradiol.* 2012; 39 (5): 281–9. DOI: 10.1016/j.neurad.2012.08.006
- Pamir M., Zirh T., Ozer A., Keleş G., Baykan N. Microvascular decompression in the surgical management of trigeminal neuralgia. *Neurosurg. Rev.* 1995; 18 (3): 163–7.
- Işik S., Ekşi M., Yilmaz B., Toktaş Z., Akakin A., Kiliç T. Trigeminal neuralgia caused by cerebellopontine angle arteriovenous malformation treated with gamma knife radiosurgery. *J. Craniofac. Surg.* 2016; 27 (1): e55–7. DOI: 10.1097/SCS.0000000000002310
- 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): 388–93. [Balyazina E.V., Alekseeva N.A. Features of neurovascular conflict disposed to neuralgic status development. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2012; 8 (2): 388–93 (in Russ.).]
- Jannetta P.J. Neurovascular compression in cranial nerve and systemic disease. *Ann. Surg.* 1980; 192 (4): 518–25.
- 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): 54–62. [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. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2011; 1 (3): 54–62 (in Russ.).]
- Григорян Ю.А., Ситников А.Р., Григорян Г.Ю. Тригеминальная невралгия и гемифациальный спазм при извитой вертебробазилярной артерии. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2016; 80 (1): 44–56. [Grigoryan Yu.A., Sitnikov A.R., Grigoryan G.Yu. Trigeminal neuralgia and hemifacial spasm associated with vertebrobasilar artery tortuosity. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2016; 80 (1): 44–56 (in Russ.).]
- Alper J., Shrivastava R.K., Balchandani P. Is there a magnetic resonance imaging-discernible cause for trigeminal neuralgia? A structured review. *World Neurosurg.* 2017; 98: 89–97. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.10.104
- Lee A., McCartney S., Burbidge C., Raslan A., Burchiel K. Trigeminal neuralgia occurs and recurs in the absence of neurovascular compression. *J. Neurosurg.* 2014; 120 (5): 1048–54. DOI: 10.3171/2014.1.JNS131410
- 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; 123 (6): 1519–27. DOI: 10.3171/2014.11.JNS141741

14. Majoie C., Hulsmans F., Verbeeten B., Castelijns J., Beek E., Valk J. et al. Trigeminal neuralgia: comparison of two MR imaging techniques in the demonstration of neurovascular contact. *Radiology*. 1997; 204 (2): 455–60. DOI: 10.1148/radiology.204.2.9240535
15. Hamlyn P.J. Neurovascular relationships in the posterior cranial fossa, with special reference to trigeminal neuralgia. 2. Neurovascular compression of the trigeminal nerve in cadaveric controls and patients with trigeminal neuralgia: quantification and influence of method. *Clin. Anat.* 1997; 10 (6): 380–8. DOI: 10.1002/(SICI)1098-2353(1997)10:6<380::AID-CA2>3.0.CO;2-T
16. Anderson V., Berryhill P., Sandquist M., Claverella D., Nesbit G., Burchiel K. High-resolution three-dimensional magnetic resonance angiography and three-dimensional spoiled gradient-recalled imaging in the evaluation of neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia: a double-blind pilot study. *Neurosurgery*. 2006; 58 (4): 666–73. DOI: 10.1227/01.NEU.0000197117.34888.DE
17. Barker F., Jannetta P., Bissonnette D., Larkins M., Jho H. The long-term outcome of microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *N. Engl. J. Med.* 1996; 334 (17): 1077–83. DOI: 10.1056/NEJM199604253341701
18. Sindou M., Howeidy T., Acevedo G. Anatomical observations during microvascular decompression for idiopathic trigeminal neuralgia (with correlations between topography of pain and site of the neurovascular conflict): prospective study in a series of 579 patients. *Acta Neurochir. (Wien)*. 2002; 144 (1): 1–13. DOI: 10.1007/s007010200000

Сведения об авторах | Information about the authors

Бакунович Александр Владимирович*, врач-рентгенолог, ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России; orcid.org/0000-0003-3404-0548

E-mail: bioboi@yandex.ru

Синицын Валентин Евгеньевич, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»; orcid.org/0000-0002-5649-2193

Мершина Елена Александровна, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»; orcid.org/0000-0002-1266-4926

Григорян Юрий Алексеевич, д. м. н., профессор, руководитель Центра нейрохирургии, ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России; orcid.org/0000-0003-3157-6187

Aleksandr V. Bakunovich, Radiologist, Federal Center of Treatment and Rehabilitation, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0003-3404-0548

E-mail: bioboi@yandex.ru

Valentin E. Sinitsyn, Dr. Med. Sc., Professor, Chief of Radiology and Radiotherapy Chair, Lomonosov Moscow State University; orcid.org/0000-0002-5649-2193

Elena A. Merшина, Cand. Med. Sc., Associate Professor of Radiology and Radiotherapy Chair, Lomonosov Moscow State University; orcid.org/0000-0002-1266-4926

Yuriy A. Grigoryan, Dr. Med. Sc., Professor, Head of Neurosurgery Center, Federal Center of Treatment and Rehabilitation, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0003-3157-6187