

НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОВАСКУЛЯРНОГО КОНФЛИКТА

АБДУЛЛАЕВА МУБОРАК БЕККУЛОВНА, ORCID ID: 0000-0001-7197-5604, канд. мед. наук, доцент кафедры нервных болезней факультета народной медицины, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, г. Ташкент, ул. Махтумкули, 103. E-mail: muborakabdullayeva14@gmail.com

ИНОЯТОВА СИТОРА ОЙБЕКОВНА, ORCID ID: 0009-0004-1385-4416, канд. мед. наук, доцент кафедры нервных болезней факультета народной медицины, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, г. Ташкент, ул. Махтумкули, 103. E-mail: sitorainoyatova03@gmail.com

ЁДГОРОВА УМИДА ГАЙБУЛЛАЕВНА, ORCID ID: 0000-0002-7846-4417, канд. мед. наук, доцент кафедры нервных болезней факультета народной медицины, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, г. Ташкент, ул. Махтумкули, 103. E-mail: umka8587@mail.ru

ХИКМАТУЛЛАЕВА ШАХНОЗА ШУКРУЛЛАЕВНА, ORCID ID: 0000-0003-4500-1798, PhD, ассистент кафедры нервных болезней факультета народной медицины, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, г. Ташкент, ул. Махтумкули, 103. E-mail: Shaxnoza0223@gmail.com

ЯДГАРОВА ЛОЛА БАХАДИРОВНА, ORCID ID: 0000-1974-4791-1223, соискатель ученой степени PhD, кафедры нервных болезней факультета народной медицины, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, г. Ташкент, ул. Махтумкули, 103. E-mail: yadgarova47@gmail.com

ДАДАЖОНОВ ЗИЁВИДДИН АБДУМУХТОР УГЛИ, ORCID ID: 0009-0001-1465-0659, соискатель ученой степени PhD, кафедры нервных болезней факультета народной медицины, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, г. Ташкент, ул. Махтумкули, 103. E-mail: ziyoviddindadajonov94@gmail.com

Реферат. Введение. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодная частота новых случаев невралгии тройничного нерва составляет от 3 до 5 на 100 000 человек. Взгляды на патогенез классической невралгии тройничного нерва существенно изменились после публикации Peter Jannetta о собственных результатах микроваскулярной декомпрессии данного состояния. Этому предшествовал ряд публикаций, посвящённых анатомическим особенностям взаимоотношения тройничного нерва с артериальными сосудами мозжечка. Для диагностики нейроваскулярного конфликта у пациентов с классической невралгией тройничного нерва широко используется магнитно-резонансная томография в сосудистом режиме с 3D-реконструкцией объёмного изображения. Несмотря на описание конкретных магнитно-резонансных изображений, место нейроваскулярного конфликта не всегда визуализируется. Результаты хирургического лечения показывают, что после микроваскулярной декомпрессии боль исчезает сразу после операции. Поскольку миелин не может восстановиться за несколько часов, столь быстрый терапевтический эффект объясняется другими факторами, которые требуют дальнейшего изучения. **Цель исследования** – сравнение данных, полученных с использованием магнитно-резонансной томографии и компьютерной томографической ангиографии для визуализации нейроваскулярного конфликта, с целью оценки качества визуализации. **Материалы и методы.** Было проведено обследование 315 пациентам (202 женщин, 113 мужчин, средний возраст 55,06±15,49 лет) с подозрением на нейроваскулярный конфликт. Всем пациентам была проведена компьютерная томография и магнитно-резонансная томография головного мозга для подтверждения нейроваскулярного конфликта. **Результаты и их обсуждение.** Визуализация нейроваскулярного конфликта на магнитно-резонансной томографии была более детализированной и четкой по сравнению с результатами спиральной компьютерной ангиографии, обеспечивая лучшее анатомическое разрешение, включая более ясную дифференциацию сосудистых структур и нервов, включая мелкие сосудистые ветви. В рамках исследования на магнитно-резонансной томографии у некоторых пациентов была обнаружена более выраженная степень компрессии тройничного нерва по сравнению с данными, полученными при спиральной компьютерной ангиографии. **Заключение.** Подводя итоги, магнитно-резонансная томография с различными режимами помогает определить локализацию нейроваскулярного конфликта у пациентов с невралгией тройничного нерва. Его наличие в сочетании со стандартной оценкой повышает чувствительность магнитно-резонансной томографии более чем до 89%, не увеличивая при этом рисков причинения вреда пациентам и не приводя к дополнительным затратам.

Ключевые слова: КТ, КТ-ангиография, нейроваскулярный конфликт, МРТ, нейровизуализация.

Для ссылки: Абдуллаева М.Б., Иноятова С.О., Ёдгорова У.Г., [и др.]. Нейровизуализация нейроваскулярного конфликта // Вестник современной клинической медицины. – 2024. – Т. 17, вып. 4. – С.101–107. DOI: 10.20969/VSKM.2024.17(4).101-107.

NEUROVISUALIZATION OF NEUROVASCULAR CONFLICT

ABDULLAYEVA MUBORAK B., ORCID ID: 0000-0001-7197-5604, PhD, Associate Professor at the Department of Nervous Diseases, Faculty of Folk Medicine, Tashkent State Dental Institute, 103 Makhtumkuli str., 100047 Tashkent, Uzbekistan. E-mail: muborakabdullayeva14@gmail.com

INOYATOVA SITORA O., ORCID ID: 0009-0004-1385-4416, PhD, Associate Professor at the Department of Nervous Diseases, Faculty of Folk Medicine, Tashkent State Dental Institute, 103 Makhtumkuli str., 100047 Tashkent, Uzbekistan. E-mail: sitorainoyatova03@gmail.com

YODGOROVA UMIDA G., ORCID ID: 0000-0002-7846-4417, PhD, Associate Professor at the Department of Nervous Diseases, Faculty of Folk Medicine, Tashkent State Dental Institute, 103 Makhtumkuli str., 100047 Tashkent, Uzbekistan. E-mail: umka8587@mail.ru

HIKMATULLAEVA SHAKHNOZA SH., ORCID ID: 0000-0003-4500-1798, PhD, Assistant Professor at the Department of Nervous Diseases, Faculty of Folk Medicine, Tashkent State Dental Institute, 103 Makhtumkuli str., 100047 Tashkent, Uzbekistan. E-mail: Shaxnoza0223@gmail.com

YADGAROVA LOLA B., ORCID ID: 0000-1974-4791-1223, Postgraduate Student at the Department of Nervous Diseases, Faculty of Folk Medicine, Tashkent State Dental Institute, 103 Makhtumkuli str., 100047 Tashkent, Uzbekistan. E-mail: yadgarova47@gmail.com

DADAZHONOV ZIYOVIDDIN A., ORCID ID: 0009-0001-1465-0659, Postgraduate Student at the Department of Nervous Diseases, Faculty of Folk Medicine, Tashkent State Dental Institute, 103 Makhtumkuli str., 100047 Tashkent, Uzbekistan. E-mail: ziyoviddindadajonov94@gmail.com

Abstract. Introduction. According to the World Health Organization, the annual incidence of new cases of trigeminal neuralgia is 3 to 5 per 100,000 people. Views on the pathogenesis of classical trigeminal neuralgia changed significantly after Peter Jannetta had published his own results of the microvascular decompression of this condition. This was preceded by some publications dealing with the anatomical features of the trigeminal nerve relationship with the arterial vessels of the cerebellum. To diagnose neurovascular conflict in patients with classic trigeminal neuralgia, magnetic resonance imaging is widely used in vascular mode with 3D volumetric image reconstruction. Despite specific magnetic resonance imaging descriptions, the neurovascular conflict site is not always visible. The results of surgical treatment show that pain disappears immediately after microvascular decompression surgery. Since myelin cannot regenerate within a few hours, other factors may explain this rapid therapeutic effect and require further study. **Aim.** Comparison of data obtained using magnetic resonance imaging and computed tomography angiography to visualize neurovascular conflict to assess the imaging quality. **Materials and Methods.** 315 patients (202 women, 113 men, mean age 55.06±15.49 years) with suspected neurovascular conflict were examined. All patients underwent the computed tomography and magnetic resonance imaging of the brain to confirm a neurovascular conflict. **Results and Discussion.** Visualization of the neurovascular conflict on magnetic resonance imaging was more detailed and clearer as compared with the results of spiral computed tomography angiography, providing better anatomical resolution, including clearer differentiation of vascular structures and nerves, and small vascular branches. In a magnetic resonance imaging study, some patients were found to have more severe trigeminal nerve compression as compared to the findings of spiral computed tomography angiography. **Conclusion.** In summary, magnetic resonance imaging in different modes helps localize neurovascular conflict in patients with trigeminal neuralgia. Its presence in combination with standard assessment increases magnetic resonance imaging sensitivity up to more than 89% without increasing the risk of harm to patients or causing any additional costs.

Keywords: CT, CT angiography, neurovascular conflict, MRI, neuroimaging

For reference: Abdullaeva MB, Inoyatova SO, Yodgorova UG, et al. Neurovisualization of neurovascular conflict. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2024; 17 (4):101-107. DOI: 10.20969/VSKM.2024.17(4).101-107.

Введение. Тригеминальная невралгия (ТН) представляет собой наиболее распространенный вид невралгий, характеризующийся интенсивными пароксизмальными болями в лицевой области вдоль ветвей пятого черепного нерва. Этиология ТН разнообразна и может включать различные факторы, вызывающие компрессию тройничного нерва, такие как опухоли и аневризмы. Тем не менее, в подавляющем большинстве случаев основным этиологическим фактором ТН является компрессия нерва сосудом, артерией или веной, проходящими через препонтинные отделы цистерны вблизи тройничного нерва и пересекающими базальные цистерны мозга в непосредственной близости от места выхода нервных корешков [1,2,3]. Это явление известно как «нейроваскулярный конфликт». Однако близкое расположение сосудистых структур или их прямой контакт с нервом часто наблюдается в асимптомных случаях и не всегда коррелирует с развитием симптомов ТН [4,5]. Таким образом, диагностика нейроваскулярного конфликта (НВК) не может быть основана исключительно на обнаружении нервно-сосудистого контакта на магнитно-резонансных (МР) изображениях. Этот термин применим только при наличии клинических проявлений у пациента, у которого МР-картина контакта нерва и сосуда совпадает со стороной болевого синдрома. Поэтому при диагностике ТН необходимо тщательно оценивать наличие и степень компрессии нервного корешка на МР-изображениях в контексте клинических симптомов.

Оптимальной методикой визуализации соотношения между нервами и сосудами являются жестко взвешенные по T2 изображения, так называемые

3D CISS (3-dimension constructive interference steady state) или их эквиваленты с малой толщиной среза (0,5–1 мм) и высоким контрастом между ликвором и нервными и сосудистыми структурами. Улучшение качества МР-изображений связано с высокой интенсивностью магнитного поля томографа, что способствует повышению отношения сигнал-шум [6, 7]. Таким образом, томографы с магнитной индукцией 3 Тл и выше обеспечивают более высокие возможности для детализации черепных нервов и их взаимодействий с сосудистыми структурами [8,9,10].

В мировой литературе отмечается использование томографов с магнитной индукцией 3 Тл для диагностики нейроваскулярного конфликта (НВК). Однако практически отсутствуют исследования, сравнивающие возможности высокопольных томографов с различной магнитной индукцией в этом контексте [11,12].

Микроваскулярная декомпрессия корешка тройничного нерва считается золотым стандартом лечения тригеминальной невралгии [13,14]. Перед операцией критически важно провести детальное анатомическое планирование и оценку нейроваскулярных соотношений с использованием высоко разрешающих МР-изображений. Четкое выделение сосудистой структуры, вызывающей компрессию, может снизить вероятность потенциальных осложнений оперативного вмешательства и обеспечить полноценную декомпрессию корешка тройничного нерва [15].

Цель данного исследования заключается в сравнении данных, полученных с использованием магнитно-резонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографической ангиографии (КТА)

для визуализации нейроваскулярного конфликта, с целью оценки качества визуализации.

Материалы и методы. Клинические наблюдения проводились в Ташкентском государственном стоматологическом институте на базе многопрофильной клиники Ташкентской Медицинской Академии за период 2016–2023гг. Обследованы 315 больных (113 мужчин и 202 женщины) с невротиями тригеминального нерва (НТН) в возрасте от 19-90 лет (средний возраст – 55,06±15,49 лет).

Женщины преобладали над мужчинами в соотношении 1,78:1. Возраст исследуемых нами женщин варьировал в пределах 20-89 лет, средний возраст 57,60±14,42 лет, возраст мужчин был в пределах 19-90 лет, средний возраст – 56,01±17,19 лет. Тип НТН был классифицирован по К. Burchiel (2003), *рис. 1*.

Нами проведен анализ возрастного и гендерного состава исследуемых пациентов, подробно он представлен в *таблице 1* и *рисунке 2*.

Из представленных данных следует, что среди обследованных больных НТН преобладали лица молодого и среднего, то есть трудоспособного возраста.

Больные включались в исследование, если НТН подтверждалась при изучении истории болезни (жалоб, анамнеза, результатов врачебного осмотра, инструментальных исследований, МРТ исследований) независимо от патогенетического механизма развития и клинической выраженности заболевания, при наличии письменного согласия участия в исследовании от самого пациента или ближайшего

родственника. Требовалось отсутствие состояний, ограничивающих использование применяемых в работе методов лечения и/или оказывающих влияние на состояние изучаемого неврологического заболевания.

В рамках исследования проводилась оценка наличия компрессии тройничного нерва сосудом, определение основного сосуда, вызывающего компрессию, а также наличие странгуляционной борозды на корешке тройничного нерва. Степень компрессии тройничного нерва оценивали в соответствии с шкалой, разработанной М. Adamczyk и соавторами [12], (*табл. 2*).

МРТ проводили на аппарате «GE SIGNA Creator» (США) с силой магнитного поля 1,5 тесла. Томограммы проводили по стандартной методике в аксиальной, сагиттальной и коронарной проекциях импульсными последовательностями T1 и T2, программ FLAIR и DWI (*табл. 3*).

Для диагностики нейроваскулярного конфликта использовалась спиральная компьютерная ангиография на томографе «Philips Ingenuity Core 128». Применявшиеся методики: нативное сканирование в спиральном режиме, спиральное сканирование с болюсным контрастированием сосудов головного мозга. Толщина среза при болюсном контрастировании 0,9 мм, инкремент 0,45, время сканирования 2,4 сек. Скорость введения препарата 5 мл/сек, объем вводимого препарата 100 мл, применяемый препарат: неионное рентгенконтрастное вещество Бимексол – 370 йопамидол (1мл содержит активное



Рис.1. Типы тригеминальной невралгии.
Fig.1. Types of trigeminal neuralgia.

Таблица 1

Распределение исследуемых больных с невралгией тройничного нерва по полу и возрасту

Table 1

Distribution of the studied patients with trigeminal neuralgia by gender and age

	Мужчины (n=113)		Женщины (n=202)		Всего (n=315)	
	Абс	%	Абс	%	Абс	%
Молодой возраст 18-44 лет	31	27,43	41	20,40	72	22,93
Средний возраст 45-59 лет	32	28,32	59	28,86	91	28,66
Пожилой возраст 60-74 лет	35	30,97	89	44,28	124	39,49
Старческий возраст 75-90 лет	14	12,39	13	6,47	27	8,60
Долголетие – более 90 лет	1	0,88	0	0	1	0,32
Итого	113	100	202	100	315	100

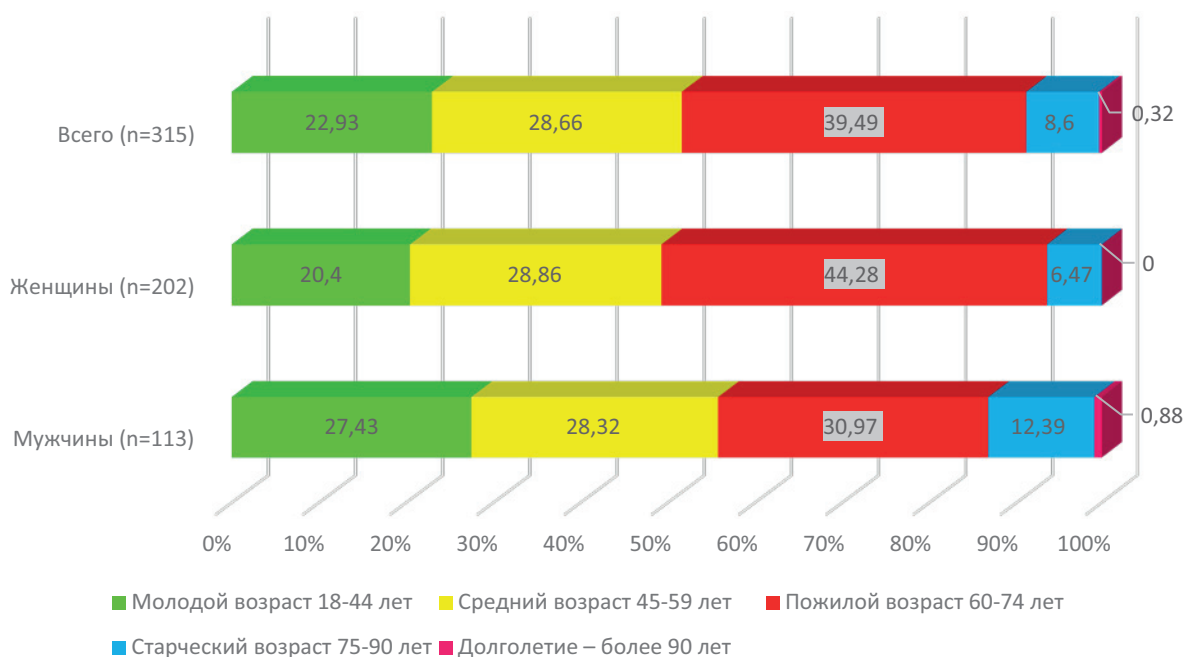


Рис. 2. Распределение больных по возрастным группам в зависимости от пола, %.
Fig. 2. Distribution of patients by age groups, based on gender, %.

Таблица 2

Диагностические критерии M. Adamczyk et al.

Table 2

Diagnostic criteria by M. Adamczyk et al.

Степень НВК	Описание НВК
0	Нет НВК
1	Артерия и нерв контактируют и имеют параллельные оси
2	Артерия и нерв контактируют и пересекаются под прямым или острым углом
3	Артерия дислоцирует нерв
4	Видимая атрофия нерва в месте контакта с артерией

Таблица 3

Параметры сканирования MPT и КТА

Table 3

3D CISS MRI and CTA Scan Parameters

Параметры сканирования 3D CISS	Параметры сканирования MPT	Параметры сканирования КТА	
TR	1200	Dose Right Index	24
TE	263	kV	120
NEX	1	mAs	200
Толщина среза, мм	0,8	Толщина среза, мм	0,9
Количество срезов на протокол	72	Инкремент	0,45
Направление сбора данных	A/P	Время сканирования	2,4 сек
Bandwidth	63,75	Количество вводимого препарата	100 мл
Flip angle	150	Скорость введения препарата	5 мл/сек

вещество – йопамидол 755 мг (в перерасчете на свободный йод – 370 мг). Параметры сканирования: Dose Right Index – 24; kV – 120; mAs – 200. Программы обработки изображений: MIP, SSD, Volume 3D (Head CTA). Применявшиеся программы обработки изображений: MIP, SSD (3D).

Для количественной оценки расширенных периваскулярных пространств использовали оценочную шкалу A.M.J. MacLulich (2004): 0 баллов – отсутствие очага; 1 балл – менее 10 очагов; 2 балла – от 10 до 20 очагов; 3 балла – от 21 до 40 очагов и 4 балла – более 40 очагов.

Результаты. Согласно данным МРТ, у 222 из 315 пациентов (70,4%) был выявлен нейроваскулярный конфликт (НВК) с корешком тройничного нерва, соответствующий стороне болевого синдрома. В 2 случаях (1%) было отмечено расхождение в определении «причинного» сосуда или комбинации сосудов, когда воздействие на нерв оказывали несколько сосудов.

У двух пациентов (6,3%), ранее перенесших микроваскулярную декомпрессию, были выявлены тefлоновые гранулемы, которые сдавливали корешок тройничного нерва и стали причиной рецидива тригеминальной невралгии. Однако у одного из этих пациентов МРТ выявил сочетанную компрессию

гранулемой и петель верхней мозжечковой артерии (вновь образовавшийся НВК), тогда как на КТА четко оценить наличие компрессии петель верхней мозжечковой артерии не удалось (рис. 3).

Некоторые расхождения возникали при оценке венозной компрессии в сочетании с артериальным сосудом. Однако при изолированной венозной компрессии расхождений между интерпретацией изображений, полученных на МРТ и КТА, не наблюдалось (рис. 4, 5). Наибольшие расхождения отмечались при контакте корешка тройничного нерва с мелкими вторичными ветвями, которые в большинстве случаев не были видны на КТА (281 наблюдение).

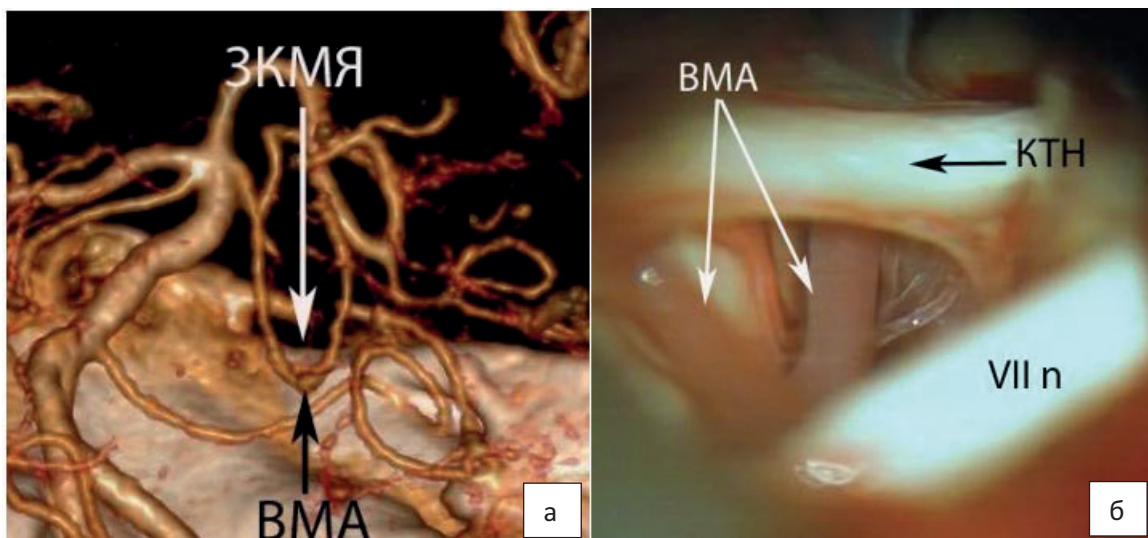


Рис. 3. Нейроваскулярный конфликт первого типа: а) спиральная компьютерная ангиография; б) микроваскулярная декомпрессия – этап операции (исследования Кадян Н. Г., 2023).
Fig. 3. Neurovascular conflict of the first type: a) spiral computed angiography; b) microvascular decompression – surgery phase (research by N. G. Kadyan, 2023).

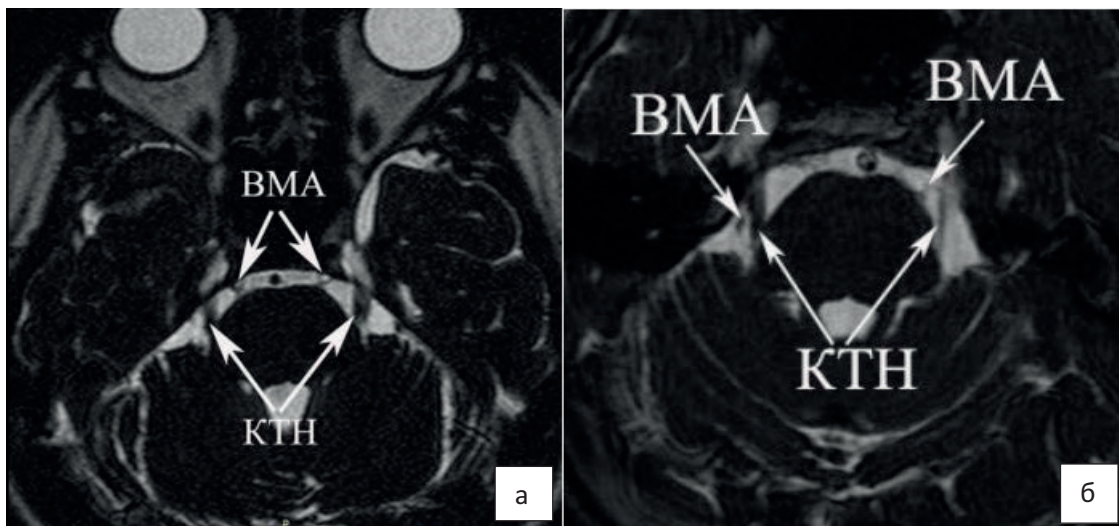


Рис. 4. Магнитно-резонансная томография: а) конфликт между корешком тройничного нерва и верхней мозжечковой артерией отсутствует; б) нейроваскулярный конфликт между корешком тройничного нерва и верхней мозжечковой артерией слева, справа конфликт отсутствует (исследования Кадян Н. Г., 2023).
Fig. 4. MRI: a) no conflict between the trigeminal nerve root and the superior cerebellar artery; b) neurovascular conflict between the trigeminal nerve root and the superior cerebellar artery on the left; no conflict on the right (research by N. G. Kadyan, 2023).

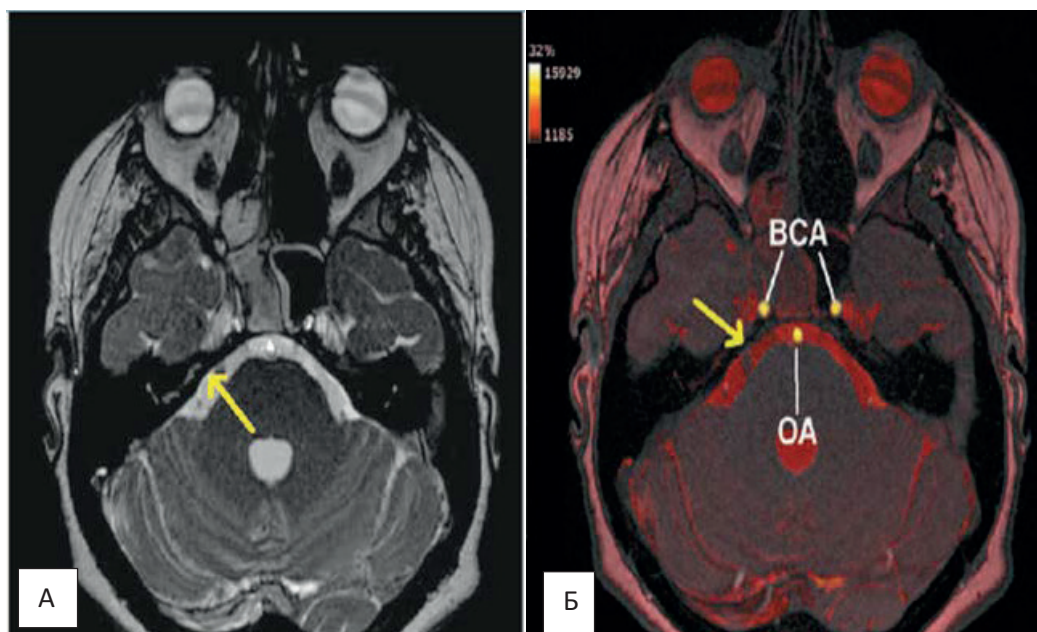


Рис. 5. Сравнение импульсных последовательностей FIESTA и T2-CICE при МРТ головного мозга у пациентов с невралгией тройничного нерва. А – МРТ головного мозга в режиме FIESTA у пациента 44 лет с правосторонней НТН. Обнаружены признаки прилегания артериального сосуда к корешку тройничного нерва (желтая стрелка). Б – МРТ головного мозга в режиме T2-CICE у пациента 47 лет с правосторонней НТН. Отмечается «пересечение» корешка тройничного нерва сосудом справа (желтая стрелка). С учетом окрашивания сосуда в цвета темного спектра данный сигнал соответствует кровотоку в венозном сосуде. Для сравнения визуализирован кровотоки в основной (ОА) и внутренних сонных артериях (ВСА) с двух сторон, наблюдается яркое желтое окрашивание.

Fig. 5. Comparison of FIESTA and T2-CICE pulse sequences in brain MRI in patients with trigeminal neuralgia (TGN). A – Brain MRI in FIESTA mode in a 44-year-old patient with the right-sided TGN. External signs of the arterial vessel adherence to the trigeminal nerve root (yellow arrow). B – Brain MRI in T2-CICE mode in a 47-year-old patient with right-sided TGN. There is a “crossing” of the trigeminal nerve root by a vessel on the right (yellow arrow). Taking into account the dark-shade coloring of the vessel, this signal passes into the venous vessel. For comparison, the visualized blood flow in the common (ACC) and internal carotid arteries (ICAs) on both sides is bright yellow.

Обсуждение. Частота вновь выявляемых случаев невралгии тройничного нерва (НТН) по данным Всемирной организации здравоохранения находится в пределах от 3 до 5 случаев на 100000 в год, в среднем 4,5:100000 (Love S., Coakman H.B., 2001). Различают классическую (первичную) и вторичную НТН. Классическая НТН характеризуется кратковременными (от нескольких секунд до 2-3 минут) односторонними приступами нестерпимой боли типа удара электрическим током, чаще в зоне второй и третьей ветвей тройничного нерва и очень редко первой (Международная классификация головных болей (3-е издание, бета-версия (МКГБ-3), 2013)). Интенсивность и частота болевых пароксизмов НТН приводит к душевному и физическому истощению человека, лишает его нормальной трудовой деятельности и личной жизни, нередко инвалидизируя его (Zakrzewska J.M. et al, 2017).

Основой патогенеза классической НТН является НВК. Решающую роль, как в возникновении заболевания, так и в развитии рецидивов обострений играет состояние эластических свойств артериальной стенки, что подтверждается фактом преимущественного страдания лиц пожилого возраста. Использование адекватных методов лечения и разработка новых, более эффективных, сопряжены с

патогенезом заболевания и несут патогенетический подход к решению данной проблемы.

Результаты, на тщательно отобранной группе пациентов, показывают, что МРТ с режимом FIESTA может использоваться для хирургического планирования и лишь КТА немного уступает в выявлении НВК. Тем не менее, МРТ обеспечивает улучшенное качество визуализации, позволяя видеть больше деталей. Преимущества МРТ включают более детальную анатомическую визуализацию, соответствующую операционной картине, более точное определение степени компрессии тройничного нерва и уточнение типа «причинного» сосуда или их комбинации.

Исследование показало значительно большую диагностическую ценность МРТ по сравнению с КТ у пациентов с нейроваскулярным конфликтом (НВК). Несмотря на то, что НВК чаще всего вызывается крупными сосудистыми стволами, иногда его причиной могут быть мелкие ветви с небольшим диаметром, которые не всегда хорошо различимы на изображениях, полученных на аппаратах с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл [5, 13–16]. Кроме того, существуют и другие причины компрессии нерва, такие как гранулемы и микроаневризмы.

Дополнительно в нашем исследовании было отмечено, что у некоторых пациентов на изображениях КТ контакт между тройничным нервом и сосудом, особенно в случаях с мелкими ветвями, выглядел нечетко, что затрудняло точную оценку наличия нейроваскулярного конфликта и степени компрессии нерва. Это часто возникало при компрессии вторичными ветвями ствола верхней мозжечковой артерии или венной. В контрасте с этим, изображения, полученные на МРТ, предоставляли более четкую дифференциацию структур и меньше артефактов, что повышало уверенность в диагностике НВК. Литературные источники также подтверждают, что использование МРТ способствует улучшению качества изображений и позволяет лучше различать мелкие сосудистые структуры [6].

Заключение. У больных с болевым синдромом в области лица, не характерным для тригеминальной невралгии, важным этапом представляется своевременное направление на патогенетическое лечение, что позволяет избежать непоказанного оперативного лечения и связанных с ним возможных рисков и осложнений, а также не дискредитировать высокоэффективный нейрохирургический метод лечения НТН. Для диагностики нейроваскулярного конфликта и планирования микроваскулярной декомпрессии у пациентов с тригеминальной невралгией МРТ играет ключевую роль. При определении «причинного» сосуда, вызывающего НВК, предпочтительно использовать МРТ с различными режимами, так как они обладают большей чувствительностью и высокой точностью в оценке степени компрессии корешка тройничного нерва.

Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Было получено письменное согласие пациента на использование его изображения в данной публикации.

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в разработке концепции и дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Sindou M, Howeydi T, Acevedo G. Anatomical observations during microvascular decompression for idiopathic trigeminal neuralgia. Prospective study in a series of 579 patients. *Acta Neurochirurgica (Wien)*. 2002; 144 (1): 1-13. DOI:10.1007/s701-002-8269-4
2. Kadian N. G. Optimization of diagnosis, treatment and prediction trigeminal neuralgia. *Journal of Neuroscience*. 2023; 14 (4): 25-29.
3. Lutz J, Thon N, Stahl R, Lummel N, Tonn JC, Linn J, Mehrkens J, et al. Microstructural alterations in trigeminal neuralgia determined by diffusion tensor imaging

are independent of symptom duration, severity, and type of neurovascular conflict. *Journal of Neurosurgery*. 2016; 124 (3): 823-830. DOI: 10.3171/2015.2.JNS142587

4. Liu Y, Li J, Butzkueven H, et al. Microstructural abnormalities in the trigeminal nerves of patients with trigeminal neuralgia revealed by multiple diffusion metrics. *European Journal of Radiology*. 2013;82(5):783-786. DOI:10.1016/j.ejrad.2012.11.027
5. Bendtsen L, Zakrzewska JM, Abbott J, et al. European Academy of Neurology guideline on trigeminal neuralgia. *European Journal of Neurology*. 2019; 26 (6): 831-869. DOI: 10.1111/ene.13950
6. Miller JP, Acar F, Hamilton BE, Burchiel KJ. Radiographic evaluation of trigeminal neurovascular compression in patients with and without trigeminal neuralgia. *Journal of Neurosurgery*. 2009; 110 (4): 627-632. DOI:10.3171/2008.6.17620
7. Leal PR, Barbier C, Hermier M, et al. Atrophic changes in the trigeminal nerves of patients with trigeminal neuralgia due to neurovascular compression and their association with the severity of compression and clinical outcomes. *Journal of Neurosurgery*. 2014; 120 (6): 1484-1495. DOI:10.3171/2014.2.JNS131288
8. Kress B, Schindler M, Rasche D, HDhnel S., Tronnier V, Sartor K, Stippich C. MRI volumetry for the preoperative diagnosis of trig neuralgia. *European Journal of Radiology*. 2005;15(7):1344-1348. DOI:10.1007/s00330-005-2674-4
9. Adamczyk M, Bulski T, Sovinsca J, et al. Trigeminal nerve-artery contact in people without trigeminal neuralgia: MR study. *Medical Science Monitor*. 2007; 13 (suppl): 38-43.
10. Sindou M, Leston JM, Decullier E, Chapuis F. Microvascular decompression for primary trigeminal neuralgia (Longterm effectiveness and prognostic factors in a series of 362 consecutive patients with clearcut neurovascular conflicts who underwent pure decompression). *Journal of Neurosurgery*. 2007; 107 (6): 1144-1153. DOI: 10.3171/JNS-07/12/1144
11. Suzuki M, Youshino N, Shimada M, et al. Trigeminal neuralgia: differences in magnetic resonance imaging characteristic of neurovascular compression between symptomatic and asymptomatic nerves. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*. 2015; 119 (1): 113-118. DOI:10.1016/j.oooo.2014.09.013
12. Tae WS, Ham BJ, Pyun SB, et al. Current Clinical Applications of Diffusion-Tensor Imaging in Neurological Disorders. *Journal of Clinical Neurology*. 2018; 14 (2): 129-140. DOI:10.3988/jcn.2018.14.2.129
13. Herweh C, Kress B, Rasche D, et al. Loss of anisotropy in trigeminal neuralgia revealed by diffusion tensor imaging. *Neurology*. 2007; 68 (10): 776-778. DOI: 10.1212/01.wnl.0000256340.16766.1d
14. Leal PRL, Roch J, Hermier M, et al. Diffusion tensor imaging abnormalities of the trigeminal nerve root in patients with classical trigeminal neuralgia: a pre- and postoperative comparative study 4 years after microvascular decompression. *Acta Neurochirurgica (Wien)*. 2019;161(7): 1415-1425. DOI:10.1007/s00701-019-03913-5
15. Smith CA, Paskhover B, Mammis A. Molecular mechanisms of trigeminal neuralgia: A systematic review. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2021; 200: 106397. DOI: 10.1016/j.clineuro.2020.106397