

АНЕВРИЗМА ПРИМИТИВНОЙ ТРИГЕМИНАЛЬНОЙ АРТЕРИИ: СЛУЧАЙ ИЗ ПРАКТИКИ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

С.А. Горощенко, Л.В. Рожченко, В.В. Бобин, Е.Г. Коломин, А.Е. Петров

Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А.Л. Поленова — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 191014 Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 12

Контакты: Сергей Анатольевич Горощенко goroschenkos@gmail.com

Введение. Примитивная тригеминальная артерия – это фетальный анастомоз, связывающий каротидный и вертебробазилярный бассейны в эмбриональном периоде. После рождения данная артерия у ребенка в большинстве случаев облитерируется и редуцируется. Иногда облитерация не происходит, вследствие чего на этой артерии могут формироваться аневризмы (в связи с изменением привычной гемодинамики в каротидном бассейне), что, как следствие, влечет за собой риск развития субарахноидального кровоизлияния, резко ухудшающего прогноз течения заболевания. Привычные микрохирургические методы лечения к аневризмам данной локализации малоприменимы и высокотравматичны в связи с очень «низким» расположением шейки, что может потребовать применения расширенных базальных доступов, требующих резекции костей основания черепа. Также «открытая» хирургия влечет за собой риски повреждения перфорантных артерий, нередко отходящих от тригеминальной артерии и питающих ствол мозга, что незамедлительно приведет к его ишемическому повреждению. Именно поэтому предпочтительным методом при подобной патологии можно считать эндоваскулярное вмешательство как нереконструктивных, использующих только микроспираль, так и реконструктивных, требующих имплантации ассистирующих или поток-перенаправляющих стентов.

Цель работы – демонстрация случая успешного лечения пациентки с аневризмой примитивной тригеминальной артерии.

Материалы и методы. Прооперирована пациентка с крупной аневризмой, расположенной на примитивной тригеминальной артерии, поступившая в клинику с жалобами на сходящееся косоглазие. По данным КТ-ангиографии головного мозга выявлена крупная аневризма примитивной тригеминальной артерии справа, что в дальнейшем было подтверждено данными субтракционной селективной церебральной ангиографии. С учетом глазодвигательных расстройств у пациентки от использования микроспиралей было решено воздержаться в связи с возможностью сохранения масс-эффекта. На фоне приема двойной дезагрегантной терапии (тикагрелор 90 мг 2 раза в день + ацетилсалициловая кислота 100 мг 1 раз вечером) и контроля функциональной активности тромбоцитов выполнена имплантация поток-отклоняющего стента в правую внутреннюю сонную артерию.

Результаты. Пациентка была выписана из стационара на 1-е сутки после операции и вернулась к труду. При выполнении контрольной ангиографии через 3 года отмечено тотальное выключение аневризмы из кровотока, а также частичный регресс глазодвигательных расстройств. Внутрисосудистое лечение в данной ситуации послужило эффективным методом выбора и позволило надежно выключить аневризму из кровотока, не ухудшив при этом функциональный исход лечения пациентки.

Заключение. Можно полагать, что внутрисосудистое вмешательство при подобных аневризмах служит эффективным методом выбора как минимально инвазивная и малотравматичная операция при лечении пациентов с данной патологией.

Ключевые слова: аневризма, примитивная тригеминальная артерия, каротидно-базилярный анастомоз, поток-отклоняющий стент, эндоваскулярное лечение

Для цитирования: Горощенко С.А., Рожченко Л.В., Бобин В.В. и др. Аневризма примитивной тригеминальной артерии: случай из практики и обзор литературы. Нейрохирургия 2022;24(4):95–100. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-4-95-100

Aneurysm of the primitive trigeminal artery: a clinical case and a literature review

S.A. Goroshchenko, L.V. Rozhchenko, V.V. Bobinov, E.G. Kolomin, A.E. Petrov

Polenov Russian Scientific Research Institute of Neurosurgery — a branch of the Almazov National Medical Research Centre, Ministry of Health of Russia; 12 Mayakovskogo St., Saint Petersburg 191014, Russia

Contacts: Sergey Anatolevich Goroshchenko goroshchenkos@gmail.com

Background. The primitive trigeminal artery is a fetal anastomosis connecting carotid and vertebrobasilar basins during embryonic period of development. After birth, this artery in the child is obliterated and reduced in most cases. Sometimes the obliteration does not occur and as a result the aneurysms may be formed on this artery (due to change in ordinary hemodynamics in carotid basin), as a consequence, it produces a risk of subarachnoid hemorrhage that sharply worsens prognosis of the disease outcome. The usual microsurgical treatment methods of aneurysms of such localization are of little use and are highly traumatic due to the very “low” location of the neck, because the surgery may need extended basal accesses requiring resection of skull base bones. Also, an “open” surgery produces risks of perforating arteries injury that often extend from trigeminal artery and feed the brain stem, the injury will immediately result in brain ischemic damage. That is why the preferred method for treatment of that kind of pathology may include endovascular intervention both of non-reconstructive type employing microcoils only and those of reconstructive requiring implantation of assisting or flow-redirecting stents.

Aim. To demonstrate a case of successful treatment of patient with a primitive trigeminal artery aneurysm.

Materials and methods. A woman, who was admitted to clinic with complaints of convergent strabismus, undergone surgery for large aneurysm located on primitive trigeminal artery. CT brain angiography revealed large aneurysm of primitive trigeminal artery on the right, the result was later confirmed by data of selective cerebral subtraction angiography. Taking into account oculomotor disorders in the patient, it was decided to refrain from microcoils use due to risk of the mass-effect preservation. Under double disaggregant therapy (ticagrelor 90 mg twice daily + acetylsalicylic acid 100 mg once daily in the evening) and monitoring the functional activity of platelets, a flow-deflecting stent was implanted into the right internal carotid artery.

Results. The patient was discharged from hospital on the 1st day after the surgery and returned to work. A control angiography performed 3 years later revealed a total shutdown of the aneurysm from bloodstream as well as a partial regression of oculomotor disorders. Intravascular treatment in this situation served as an effective method of choice and made it possible to reliably turn off the aneurysm from bloodstream without impairing the functional outcome of patient's treatment.

Conclusions. It can be assumed that intravascular intervention in case of such aneurysms serves as an effective method of choice as minimally invasive and low-traumatic surgery in the treatment of patients with that type of pathology.

Keywords: aneurysm, primitive trigeminal artery, carotid-basilar anastomosis, flow-deflecting stent, endovascular treatment

For citation: Goroshchenko S.A., Rozhchenko L.V., Bobinov V.V. et al. Aneurysm of the primitive trigeminal artery: a clinical case and a literature review. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;24(4):95–100. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-4-95-100

ВВЕДЕНИЕ

Фетальный каротидно-базилярный анастомоз, или примитивная тригеминальная артерия (ПТА), — один из наиболее часто встречаемых анастомозов между бассейнами сонной и основной артерий (ОА) с распространенностью 0,1–0,6 % в популяции [1–7]. Выявляемость аневризм, локализующихся на ПТА, составляет около 4 %, что не превышает частоту для аневризм другой локализации [8, 9]. Наиболее частое их расположение — область стыка между внутренней сонной артерией (ВСА) и ПТА [2, 3, 5]. Нередко данные аневризмы имеют широкую шейку и сочетаются с другими сосудистыми аномалиями, такими как аневризмы, артериовенозные мальформации, артериосинусные соустья, болезнь моямая, а также гемангиобластомы мозжечка [1, 4, 6, 7, 10–16]. В то же время аневризмы ПТА крупного и гигантского размера встречаются относительно редко [2]. Из-за особенностей расположения, создающего определенные трудности для микрохирургического подхода к этой зоне, основным методом выбора в большинстве случаев служит внутрисосудистое вмешательство [17].

Цель публикации — демонстрация случая успешного лечения пациента с данной редко встречающейся патологией путем имплантации поток-отклоняющего стента.

КЛИНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Пациентка, 48 лет, поступила в клинику РНХИ им. проф. А.Л. Поленова с жалобами на сходящееся косоглазие за счет правого глаза. Данные жалобы беспокоят пациентку в течение года. После осмотра офтальмолога заподозрена неврологическая патология, в связи с чем выполнена спиральная компьютерная томография сосудов головного мозга: выявлено наличие ПТА справа с расположенной на ней, в области отхождения от ВСА, крупной аневризмой (18 × 14 мм, ширина шейки — 9 мм) (рис. 1). Диагноз подтвержден проведенной церебральной ангиографией (рис. 2).

Выбор метода лечения — реконструкция артерии путем имплантации поток-отклоняющего стента — был обусловлен крупным размером аневризмы, а также наличием глазодвигательной симптоматики. После предоперационной подготовки (тикагелор 90 мг 2 раза в день, ацетилсалициловая кислота 100 мг 1 раз в день



Рис. 1. Дооперационная мультиспиральная компьютерная томография сосудов: крупных размеров аневризма (треугольники) расположена на примитивной тригеминальной артерии (стрелки)

Fig. 1. Preoperative multispiral computed tomography of vessels: a large-sized aneurysm (triangles) is located on primitive trigeminal artery (arrows)

с контролем функциональной активности тромбоцитов) выполнено оперативное вмешательство — установка стента Pipeline Flex (Medtronic) в правую ВСА. Достигнуто полное прилегание стента к стенкам артерии без признаков его перегиба или сужения. При контрольной интраоперационной ангиографии отмечается выраженная стагнация контрастного вещества в аневризматическом мешке (рис. 3) — тип 4А по классификации H.S. Cekirge, I. Saatci (2016) [18].

Пациентка выписана из стационара в удовлетворительном состоянии, без нарастания неврологической симптоматики (mRs 1 по модифицированной шкале Рэнкина).

При выполнении контрольного обследования в отдаленном периоде (через 36 мес) выявлено, что заполнения аневризмы и ПТА нет (рис. 4). Отмечен частичный регресс глазодвигательных расстройств.

ОБСУЖДЕНИЕ

Частота встречаемости ПТА находится в диапазоне 0,1–0,6 %, данная артерия составляет около 80–85 % от всех описанных каротидно-базилярных анастомозов [3, 19]. Во время эмбрионального развития плода ПТА временно соединяет ВСА и вертебробазилярный бассейн [5], отходит от кавернозного сегмента ВСА или от места перехода C4- в C5-сегмент и иногда отдает перфорантные ветви к турецкому седлу [10, 20, 21]. В дальнейшем ПТА следует вдоль тройничного нерва и достигает ОА в промежутке между верхней и передней нижней мозжечковыми артериями [10, 13, 21, 22]. Доказана связь между наличием подобного каротидно-базилярного анастомоза и повышенной частотой формирования аневризм на ПТА [4, 20, 21, 23]. Обобщив опыт лечения 116 пациентов с разной патологией, имеющих ПТА, зарегистрированных в период 1950–2008 гг., Y. Kai и соавт. (2011) выявили наличие церебральной аневризмы, связанной с ПТА в 40 (15,3 %) случаях [24]. В 28 из этих случаев аневризма локализовалась в области стыка между ВСА и ПТА. Несмотря на это, M. Piotin и соавт. (1996) предположили наличие защитной роли этой артерии при наличии интракраниальных стенозов или диссекций [13].

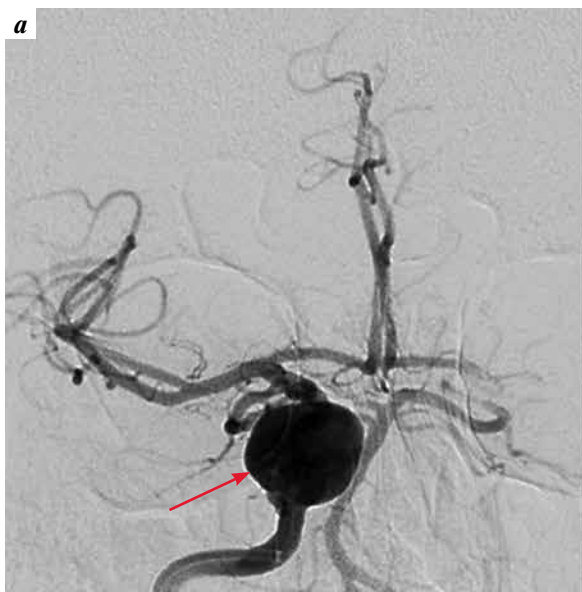


Рис. 2. Предоперационная каротидная ангиография: а — прямая проекция; б — боковая проекция. Аневризма указана стрелкой, примитивная тригеминальная артерия — треугольниками

Fig. 2. Preoperative carotid angiography: a — direct projection; б — lateral projection. The aneurysm is indicated by a arrow, the primitive trigeminal artery is indicated by triangles

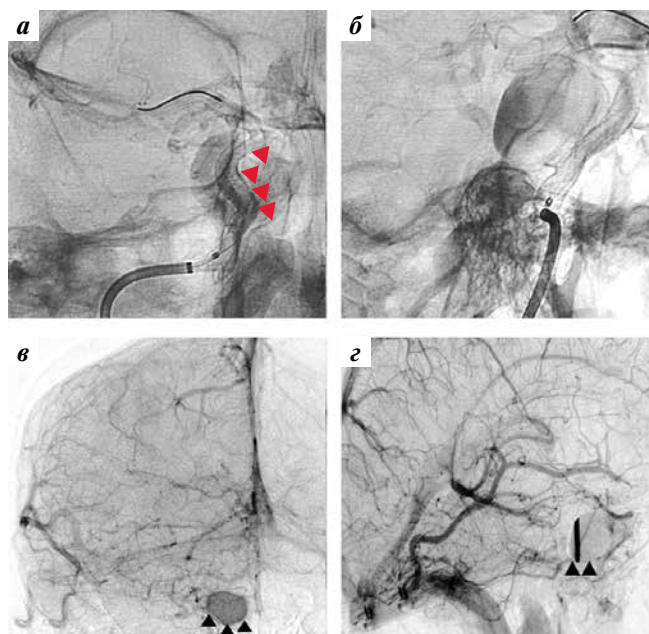


Рис. 3. Интраоперационная ангиография: а, б — этапы имплантации стента (указан красными треугольниками); в, г — контрольная ангиография визуализирует выраженную стагнацию контрастного вещества в аневризматическом мешке (указана черными треугольниками)

Fig. 3. Intraoperative angiography: а, б — stages of stent implantation (indicated by red triangles); в, г — control angiography visualizes pronounced stagnation of contrast agent in the aneurysmal sac (indicated by black triangles)

S. Meckel и соавт. (2013) разделили разновидности ПТА на 2 типа — латеральный и медиальный. При медиальном типе ПТА начинается выше отводящего нерва и прободает твердую мозговую оболочку по направлению к ОА. При латеральном — ПТА начинается ниже и латеральнее отводящего нерва и проникает в твердую мозговую оболочку сразу медиальнее тройничного нерва. При латеральном типе крупный размер аневризмы может приводить к компрессионному поражению глазодвигательного и отводящего нервов [19]. Более того, окклюзия ПТА при латеральном типе может привести к ишемии моста за счет иногда встречающейся отходящей от ПТА перфорантной артерии моста [24, 25]. Важным представляется тот факт, что наличие ПТА часто ассоциировано с гипоплазией ОА, вследствие чего большая часть кровоснабжения верхних отделов моста, среднего мозга, мозжечка и базальных поверхностей затылочной и височной долей происходит за счет ВСА через ПТА [6].

Существует не менее важная в практическом смысле классификация Saltzman [6]. При типе Saltzman I может наблюдаться гипоплазия задней соединительной артерии и проксимальных отделов ОА. У таких пациентов окклюзия ПТА может привести к нарушению кровообращения в стволе мозга и мозжечке. При типе Saltzman II задняя мозговая артерия питается от задней соединительной артерии, а ОА получает кровоснабжение от позвоночных артерий. При таком

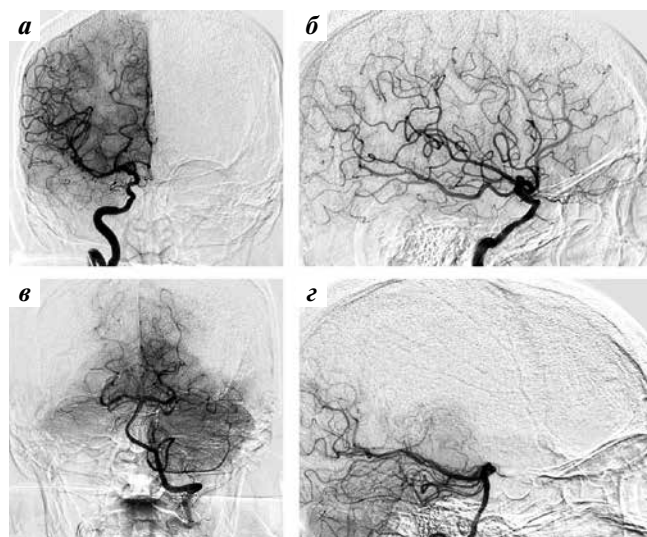


Рис. 4. Контрольная ангиография через 36 мес после оперативного лечения. Каротидный бассейн, проекции: а — прямая, б — боковая; вертебробазилярный бассейн, проекции: в — прямая; г — боковая. Заполнение аневризмы не выявлено

Fig. 4. Control angiography 36 months after surgical treatment. Carotid pool, projections: а — direct, б — lateral; vertebrobasilar pool, projections: в — direct; г — lateral. Filling of the aneurysm was not detected

типе строения ПТА ее окклюзия возможна, хотя риск ишемического поражения ствола мозга все равно остается (при наличии перфорантных артерий к мосту мозга) [26]. При типе Saltzman III ПТА соединяется с мозжечковыми артериями, наиболее часто с передней нижней мозжечковой. В описываемом нами случае аневризмы соответствовала типу Saltzman II и латеральному типу по S. Meckel. Данный тип строения, по-видимому, предотвратил развитие ишемических осложнений, обусловленных окклюзией ПТА в отдаленном периоде. Нельзя исключить также развитие выраженного коллатерального кровотока вследствие медленно прогрессирующей окклюзии ПТА на фоне имплантации стента.

Проведение баллон-окклюзионного теста, как считают М. Onizuka и соавт. (2006), может быть полезным для оценки направления кровотока в ОА, достаточности перетока по передней соединительной артерии и возможности компенсации кровотока с помощью наружной сонной артерии. При отсутствии антеградного кровотока по ОА окклюзия ПТА может вызывать ишемию стволовых структур [27]. Н. Sato и соавт. (2019) также отмечают, что предоперационное проведение баллонной тест-окклюзии может быть полезным для предотвращения развития ишемического повреждения мозга [17]. При невозможности ее выполнения рекомендуется проведение тестов S. Murai и соавт. (2019) [26].

При отсутствии ПТА эндоваскулярное лечение аневризм кавернозного сегмента ВСА заключается в использовании микроспиралей, деконструкции несущей артерии или имплантации поток-отклоняющего

стента, также как и для аневризм других локализаций [28–30]. В настоящем случае посчитали наиболее правильным именно имплантацию поток-отклоняющего стента, так как мы предполагали восстановление функции глазодвигательного нерва при уменьшении его компрессии аневризмой, несмотря на относительно длительный срок тромбирования аневризмы. На сегодняшний день применение поток-отклоняющих стентов служит методом выбора при аневризме ПТА, однако в ситуации, когда их нельзя использовать, стратегия лечения может полностью поменяться. Оклюзия ВСА проксимальнее ПТА не принесет успеха в связи с заполнением каротидного бассейна из вертебробазилярного бассейна, поэтому необходимо исходить из того, можно ли исключить из кровотока непосредственно ПТА. В случае имеющейся гипоплазии позвоночной артерии или ОА тригеминальная артерия должна быть сохранена для предупреждения ишемического поражения головного мозга. Следует отметить, что гипоплазия ОА встречается нередко, что показано, например, Е. О'uchi и Т. О'uchi (2010): в их исследовании умеренная гипоплазия ОА среди 48 обследованных пациентов выявлена у 22 (47 %), а выраженная — у 13 (28 %) [9].

При использовании поток-отклоняющего стента существует возможность восстановления глазодвигательных функций за счет снижения компрессионного воздействия на наружную стенку кавернозного синуса [26]. В описываемом случае нам удалось полностью реконструировать просвет ВСА, исключить аневризму

из кровотока без развития ишемической симптоматики, однако глазодвигательная симптоматика регрессировала не полностью, что, возможно, связано с длительно существующей компрессией отводящего нерва в дооперационном периоде. Следует отметить, что в нашем случае поток-отклоняющий стент имплантирован на отдалении от аневризмы, что, однако, не помешало элиминации аневризмы из кровотока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аневризмы, локализующиеся на ПТА, — относительно редкая патология, которая, однако, может приводить к значимому ухудшению состояния пациента вследствие их разрыва. Низкое (по отношению к основанию черепа) расположение этой патологии делает классическое микрохирургическое лечение малоприменимым. Методом выбора служит эндоваскулярное лечение, включающее в себя эмболизацию спиралями, деконструкцию несущей артерии и имплантацию поток-отклоняющего стента. Следует помнить о возможности развития грубой ишемической симптоматики после окклюзии непосредственно ПТА, в связи с чем до операции необходимо проведение тщательного дообследования и детального планирования для снижения риска развития послеоперационных осложнений. В описываемом случае удалось без каких-либо осложнений в послеоперационном периоде исключить аневризму из кровотока путем отклонения потока крови, несмотря на то что аневризма была расположена на отдалении от имплантированного стента.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- George A.E., Lin J.P., Morantz R.A. Intracranial aneurysm on a persistent primitive trigeminal artery. Case report. *J Neurosurg* 1971;35(5):601–4. DOI: 10.3171/jns.1971.35.5.0601
- Ishikawa T., Yamaguchi K., Anami H. et al. Treatment of large or giant cavernous aneurysm associated with persistent trigeminal artery: case report and review of literature. *World Neurosurg* 2017;108:996.e11–15. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.09.033
- Chen W.H., Tsai T.H., Shen S.C. et al. A case of giant thrombosed persistent primitive trigeminal artery aneurysm presenting with trigeminal neuralgia and successfully treated by a covered stent: case report and review of literature. *Clin Neuroradiol* 2015;25(2):207–10. DOI: 10.1007/s00062-014-0314-6
- Li M.H., Li W.B., Pan Y.P. et al. Persistent primitive trigeminal artery associated with aneurysm: report of two cases and review of the literature. *Acta Radiol* 2004;45(6):664–8. DOI: 10.1080/02841850410001196
- Zhang C.W., Xie X.D., Yang Z.G. et al. Giant cavernous aneurysm associated with a persistent trigeminal artery and persistent otic artery. *Korean J Radiol* 2009;10(5):519–22. DOI: 10.3348/kjr.2009.10.5.519
- Alcala-Cerra G., Tubbs R.S., Nino-Hernandez L.M. Anatomical features and clinical relevance of a persistent trigeminal artery. *Surg Neurol Int* 2012;3:111. DOI: 10.4103/2152-7806.101798
- Raybaud C. Normal and abnormal embryology and development of the intracranial vascular system. *Neurosurg Clin N Am* 2010;21(3):399–426. DOI: 10.1016/j.nec.2010.03.011
- Cloft H.J., Razack N., Kallmes D.F. Prevalence of cerebral aneurysms in patients with persistent primitive trigeminal artery. *J Neurosurg* 1999;90(5):865–7. DOI: 10.3171/jns.1999.90.5.0865
- O'uchi E., O'uchi T. Persistent primitive trigeminal arteries (PTA) and its variant (PTAV): analysis of 103 cases detected in 16,415 cases of MRA over 3 years. *Neuroradiology* 2010;52(12):1111–9. DOI: 10.1007/s00234-010-0669-6
- Vasovic L., Jovanovic I., Ugrenovic S. et al. Trigeminal artery: a review of normal and pathological features. *Childs Nerv Syst* 2012;28(1):33–46. DOI: 10.1007/s00381-011-1622-7
- Nishio A., Nishijima Y., Komiyama M., Hara M. Primitive trigeminal artery variant aneurysm treated with Guglielmi detachable coils — case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2001;41(9):446–9. DOI: 10.2176/nmc.41.446
- Debrun G.M., Davis K.R., Nauta H.J. et al. Treatment of carotid cavernous fistulae or cavernous aneurysms associated with a persistent trigeminal artery: report of three cases. *Am J Neuroradiol* 1988;9(4):749–55.
- Piotin M., Miralbes S., Cattin F. et al. MRI and MR angiography of persistent trigeminal artery. *Neuroradiology* 1996;38(8):730–3. DOI: 10.1007/s002340050337
- Iancu D., Anxionnat R., Bracard S. Brainstem infarction in a patient with internal carotid dissection and persistent trigeminal artery: a case report. *BMC Med Imaging* 2010;10:14. DOI: 10.1186/1471-2342-10-14

15. Kwon J.Y., Lee E.J., Kim J.S. Brainstem infarction secondary to persistent trigeminal artery occlusion: successful treatment with intravenous rt-PA. *Eur Neurol* 2010;64(5):311. DOI: 10.1159/000321417
16. Khodadad G. Trigeminal artery and occlusive cerebrovascular disease. *Stroke* 1977;8(2):177–81. DOI: 10.1161/01.str.8.2.177
17. Sato H., Haraguchi K., Takahashi Y. et al. Flow-diverter stent for an unruptured aneurysm at the junction of the internal carotid artery and persistent primitive trigeminal artery: case report and literature review. *World Neurosurg* 2019;132:329–32. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.08.199
18. Cekirge H.S., Saatci I. A New Aneurysm Occlusion Classification after the impact of flow modification. *Am J Neuroradiol* 2016;37(1):19–24. DOI: 10.3174/ajnr.A4489
19. Meckel S., Spittau B., McAuliffe W. The persistent trigeminal artery: development, imaging anatomy, variants, and associated vascular pathologies. *Neuroradiology* 2013;55(1):5–16. DOI: 10.1007/s00234-011-0995-3
20. Azab W., Delashaw J., Mohammed M. Persistent primitive trigeminal artery: a review. *Turk Neurosurg* 2012;22(4):399–406. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.4427-11.1
21. Chen Y.C., Li M.H., Chen S.W. et al. Incidental findings of persistent primitive trigeminal artery on 3-dimensional time-of-flight magnetic resonance angiography at 3.0 T: an analysis of 25 cases. *J Neuroimaging* 2011;21(2):152–8. DOI: 10.1111/j.1552-6569.2010.00472.x
22. Tubbs R.S., Verma K., Riech S. et al. Persistent fetal intracranial arteries: a comprehensive review of anatomical and clinical significance. *J Neurosurg* 2011;114(4):1127–34. DOI: 10.3171/2010.11.JNS101527
23. Arraez-Aybar L.A., Fuentes-Redondo T., Millan J.M. Persistent trigeminal artery: a cross-sectional study based on over 3 years conventional angiography, CT angiography and MR angiography images. *Surg Radiol Anat* 2016;38(4):445–53. DOI: 10.1007/s00276-015-1578-5
24. Kai Y., Ohmori Y., Watanabe M. et al. Coil embolization of an aneurysm located at the trunk of the persistent primitive trigeminal artery. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2011;51(5):361–4. DOI: 10.2176/nmc.51.361
25. Ohshiro S., Inoue T., Hamada Y., Matsuno H. Branches of the persistent primitive trigeminal artery – an autopsy case. *Neurosurgery* 1993;32(1):144–8. DOI: 10.1227/00006123-199301000-00025
26. Murai S., Sugiu K., Hishikawa T. et al. Endovascular treatment for unruptured aneurysm associated with persistent primitive trigeminal artery: a case report and literature review. *Acta Neurochir (Wien)* 2019;161(2):407–11. DOI: 10.1007/s00701-018-3767-6
27. Onizuka M., Kazekawa K., Tsutsumi M. et al. Hyperform remodeling balloon for the balloon occlusion test of persistent primitive trigeminal artery aneurysm – case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2006;46(11):541–3. DOI: 10.2176/nmc.46.541
28. Горошенко С.А., Ситовская Д.А., Петров А.Е. и др. Неблагоприятный исход течения гигантской аневризмы позвоночной артерии. Клиническое наблюдение и обзор литературы. *Архив патологии* 2021;83(4):45–51. DOI: 10.17116/patol20218304145
29. Мамонов Н.А., Петров А.Е., Горошенко С.А. и др. Внутрисосудистое лечение экстракраниальных диссекционных аневризм брахиоцефальных артерий. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2021;85(6):16–24. DOI: 10.17116/neiro20218506116
30. Miyachi S., Ohnishi H., Hiramatsu R. et al. Innovations in endovascular treatment strategies for large carotid cavernous aneurysms – the safety and efficacy of a flow diverter. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2017;26(5):1071–80. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.12.023

Вклад авторов

С.А. Горошенко: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание статьи, выполнение операции, утверждение финального варианта статьи;
 Л.В. Рожченко: редактирование статьи, утверждение финального варианта статьи;
 В.В. Бобин: редактирование статьи, утверждение финального варианта статьи;
 Е.Г. Коломин: сбор и обработка материала, утверждение финального варианта статьи;
 А.Е. Петров: разработка концепции и дизайна исследования, выполнение операции, редактирование статьи, утверждение финального варианта статьи.

Authors' contributions

S.A. Goroshchenko: research idea and design of the study, obtaining data for analysis, article writing, surgical operation, approval of the final version of the article;
 L.V. Rozhchenko: editing of the article, approval of the final version of the article;
 V.V. Bobin: editing of the article, approval of the final version of the article;
 E.G. Kolomin: obtaining data for analysis, approval of the final version of the article;
 A.E. Petrov: research idea and design of the study, surgical operation, editing of the article, approval of the final version of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

С.А. Горошенко / S.A. Goroshchenko: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3213>
 Л.В. Рожченко / L.V. Rozhchenko: <https://orcid.org/0000-0002-0974-460X>
 В.В. Бобин / V.V. Bobin: <https://orcid.org/0000-0003-0956-6994>
 Е.Г. Коломин / E.G. Kolomin: <https://orcid.org/0000-0002-3904-2393>
 А.Е. Петров / A.E. Petrov: <https://orcid.org/0000-0002-3112-6584>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Работы выполнялись без внешнего финансирования.

Funding. The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Авторы соблюдали права пациентов и правила биоэтики.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The authors complied with patient rights and principles of bioethics.

Статья поступила: 05.03.2022. **Принята к публикации:** 07.09.2022.

Article submitted: 05.03.2022. **Accepted for publication:** 07.09.2022.