

РАДИОХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДУРАЛЬНОЙ АРТЕРИОВЕНОЗНОЙ ФИСТУЛЫ ИЗ ВЕТВЕЙ МЕНИНГОГИПОФИЗАРНЫХ СТВОЛОВ ОБЕИХ ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЙ НА АППАРАТЕ «ГАММА-НОЖ»

А.С. Токарев, В.А. Рак, К.В. Грецких, О.Л. Евдокимова, О.А. Викторова

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения
г. Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3

Контакты: Грецких Константин Валерьевич mail@rsklif.ru

Стратегии лечения дуральных артериовенозных фистул (ДАВФ) заключаются в изолированном или комбинированном применении методов микрохирургии, эндоваскулярной трансартериальной или трансвенозной эмболизации и стереотаксической радиохирургии. В научной литературе описано только 9 случаев двусторонних ДАВФ сосудов головного мозга, которые потребовали хирургического вмешательства, причем у 4 пациентов проведены эндоваскулярные или микрохирургические вмешательства, у 5 – стереотаксическое радиохирургическое лечение, из них у 4 – с предшествующей или последующей эндоваскулярной эмболизацией. В данной статье представлен случай успешного радиохирургического лечения двусторонней ДАВФ, развившейся из ветвей менингогипофизарных стволов внутренних сонных артерий, с помощью аппарата «гамма-нож» без предшествующей эмболизации или хирургической резекции.

Выполнение стереотаксического радиохирургического вмешательства возможно при низкопоточных ДАВФ, а также как часть комбинированного лечения при высокопоточных ДАВФ. Эффективность этой стратегии требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: стереотаксическая радиохирургия, гамма-нож, дуральная артериовенозная фистула, кавернозный синус

Для цитирования: Токарев А.С., Рак В.А., Грецких К.В. и др. Радиохирургическое лечение дуральной артериовенозной фистулы из ветвей менингогипофизарных стволов обеих внутренних сонных артерий на аппарате «гамма-нож». Нейрохирургия 2020;22(1): 56–64.

DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-1-56-64



Gamma Knife radiosurgical treatment of a dural arteriovenous fistula with the feeding branches from the meningo-pituitary trunks of both internal carotid arteries

A.S. Tokarev, V.A. Rak, K.V. Gretsikh, O.L. Evdokimova, O.A. Viktorova

N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia

Treatment strategies for dural arterio-venous fistulas (DAFs) include single or multimodal schemes, including microsurgery, endovascular transarterial or transvenous embolization, or stereotactic radiosurgery (SRS).

In the scientific medical resources, only 9 cases of bilateral DAFs of the brain are described, which required surgical intervention, and 4 were treated with endovascular or microsurgical approach; SRS was used in 5 cases, of which in 4 cases with previous or subsequent endovascular embolization.

We have presented a case of successful SRS with Gamma Knife of bilateral DAF from the branches of meningo-hypophyseal trunks from inner carotid arteries without preliminary embolization or surgical resection.

The use of SRS with Gamma Knife is possible with low-flow DAFs, as well as a part of a multimodal strategy with high-flow DAFs, which requires further study.

Key words: stereotactic radiosurgery, gamma knife, dural arteriovenous fistula, cavernous sinus

For citation: Tokarev A.S., Rak V.A., Gretsikh K.V. et al. Gamma Knife radiosurgical treatment of a dural arteriovenous fistula with the feeding branches from the meningo-pituitary trunks of both internal carotid arteries. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2020;22(1): 56–64. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Дуральная артериовенозная фистула (ДАВФ) — редкая патология, составляющая от 10 до 15 % всех случаев сосудистых пороков развития головного мозга [1]. Особенность данной патологии заключается в прямом соединении дуральной (пахименингеальной) артерии с лептоменингеальной веной или синусом при отсутствии классического нидуса (ядра) или капиллярного русла, в отличие от артериовенозной мальформации [2, 3]. Заболевание может носить как врожденный, так и приобретенный характер [4]. ДАВФ чаще всего располагаются в задней черепной ямке или в области кавернозных синусов (КС) [5, 6].

В зависимости от места расположения и особенностей венозного дренажа ДАВФ могут проявляться симптомами повышенного сброса в дуральный синус, такими как пульсирующий шум в ушах, инъекцированность склер, проптоз, хемоз, глазная боль, нарушения зрения и нейропатия III–VI черепных нервов. Кроме того, возможно возникновение опасной симптоматики: внутричерепного кровоизлияния или негеморрагического неврологического дефицита (прогрессирующей деменции, судорог и других очаговых симптомов) [7, 8].

Существуют 2 основные классификации ДАВФ по местоположению и особенностям венозного дренажа. Они разработаны J.A. Borden [9] и C. Cognard [10] (рис. 1). Каротидно-кавернозные соустья, которые соединяют сонные артерии и КС, имеют свою собственную классификацию, предложенную D.L. Barrow [11].

При наличии кортикального венозного рефлюкса либо ретроградного потока (тип II по J.A. Borden) или прямого сброса в кортикальные вены (тип III по J.A. Borden) ДАВФ считаются высокопоточными. Именно высокопоточные ДАВФ часто ассоциируются с агрессивным клиническим течением, риском возникновения кровоизлияний, прогрессирующего неврологического дефицита и припадков [13].

Стратегии лечения ДАВФ заключаются в изолированном или комбинированном применении методов микрохирургии, эндоваскулярной трансартериальной или трансвенозной эмболизации и стереотаксической радиохирургии. Оптимальную тактику лечения выбирают, отталкиваясь от клинической картины и типа ДАВФ [6, 7, 14–16].

Опыт стереотаксического радиохирургического лечения (СРХЛ) высоко- и низкопоточных каротидных фистул обобщили J.L. Barcia-Salorio и соавт. в 1994 г., которые выполнили 25 вмешательств в период с 1977 по 1992 г. [17].

На сегодняшний день СРХЛ обычно считается адъювантным и проводится у пациентов, которые не могут быть излечены методами микрохирургии или эмболизации (либо у пациентов, которым эти методы не помогли), у пациентов с высоким хирургическим риском или доброкачественным типом ДАВФ [8, 14, 18]. В связи с этим публикаций о СРХЛ пациентов с ДАВФ значительно меньше, чем об эмболизации или хирургических вмешательствах, при этом имеющиеся

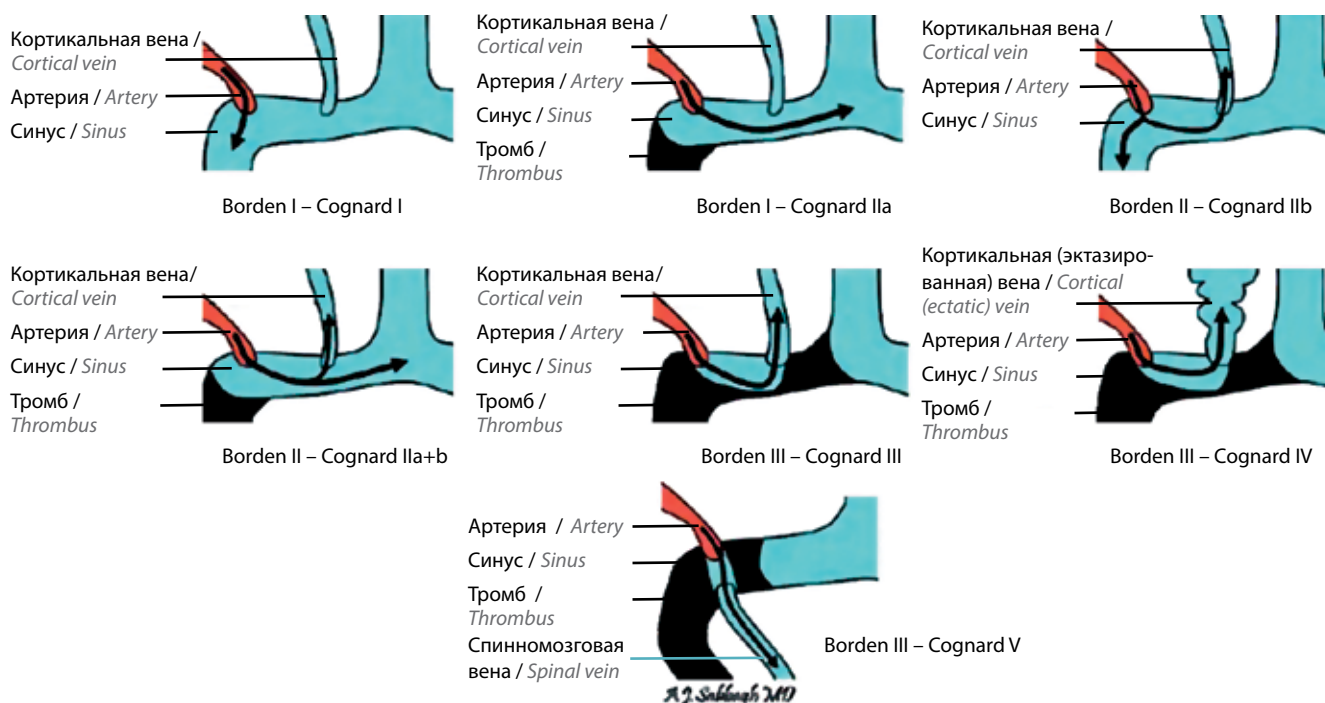


Рис. 1. Объединенная классификация дуральных артериовенозных фистул по J.A. Borden и C. Cognard (адаптировано из [12])

Fig. 1. Combined classification of dural arteriovenous fistulas per J.A. Borden and C. Cognard (adapted from [12])

источники описывают в основном результаты ретроспективных одноцентровых исследований [15, 19, 20]. Облитерация ДАВФ после СРХЛ с помощью аппарата «гамма-нож» обеспечивается путем повреждения эндотелиальных клеток, за которым следует тромбоз сосудов вокруг фистулы, причем частота облитерации при изолированном проведении СРХЛ идентична таковой при комбинации СРХЛ с другими методиками и составляет 68–80 % [3, 6].

Относительно недавно стали появляться сообщения о результатах применения СРХЛ при низкотоковых ДАВФ как первичного метода, что характеризовалось высокой скоростью облитерации патологического соустья [7, 15].

Множественные ДАВФ встречаются редко, составляя 7 % от всех случаев внутричерепных ДАВФ [19]. В научной литературе описано только 9 случаев двусторонних ДАВФ сосудов головного мозга, которые потребовали хирургического вмешательства, причем у 4 пациентов проведены эндоваскулярные или микрохирургические вмешательства [20–24], у 5 — СРХЛ [25, 26], из них у 4 — с предшествующей или последующей эндоваскулярной эмболизацией [15].

Мы представляем случай успешного СРХЛ с помощью аппарата «гамма-нож» двусторонней ДАВФ из ветвей менингогипофизарных стволов внутренних сонных артерий (ВСА) без предшествующей эмболизации или хирургической резекции.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Пациент М., 75 лет, поступил в отделение нейрохирургии Научно-исследовательского института скорой помощи им. Н.В. Склифосовского с ДАВФ между ветвями обеих ВСА и обоими КС (тип I по классификации J.A. Borden, тип B по классификации D.L. Barrow).

Из анамнеза известно, что в июне 2016 г. появилось ощущение двоения в глазах; травмы головы пациент отрицает. При амбулаторно выполненной магнитно-резонансной томографии (МРТ) сосудов выявлена ДАВФ между ветвями наружной сонной артерии и обоими КС. В Национальном медицинском исследовательском центре нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко 05.09.2016 выполнена церебральная ангиография: визуализирована ДАВФ между ветвями обеих ВСА и обоими КС, отток в глазничные вены и каменистые синусы; предпринята попытка катетеризации КС с целью эмболизации ДАВФ, не увенчавшаяся успехом. Пациент направлен на радиохирургическое лечение.

При поступлении острота зрения на правом глазу снижена, наблюдается нарушение функции левого отводящего нерва, экзофтальм слева, инъектированность склер слева.

При церебральной ангиографии от 14.10.2016 визуализирована билатеральная ДАВФ с множественными афферентами из ветвей менингогипофизарных стволов и сбросом в оба КС [26] (рис. 2–6).

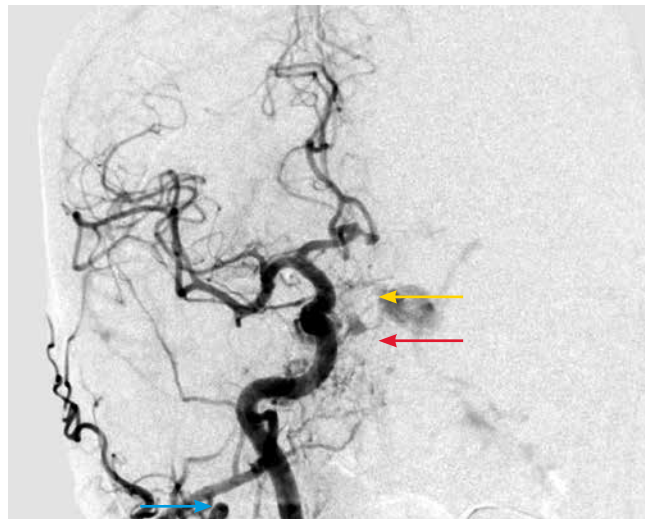


Рис. 2. Ангиография в прямой проекции в режиме субтракции у пациента М., 75 лет. Бассейн правой общей сонной артерии. Визуализированы патологическая сеть дуральных артериовенозных фистул (красная стрелка), питающие ветви менингогипофизарного ствола (желтая стрелка) и ветви наружной сонной артерии (синей стрелкой указана верхнечелюстная артерия)

Fig. 2. Patient M., 75 years. Subtraction angiography, frontal projection. System of the right common carotid artery. Visualization of a pathological network of dural arteriovenous fistulas (red arrow), supplying branches of the meningeal trunk (yellow arrow) and branches of the external carotid artery (blue arrow shows the maxillary artery)

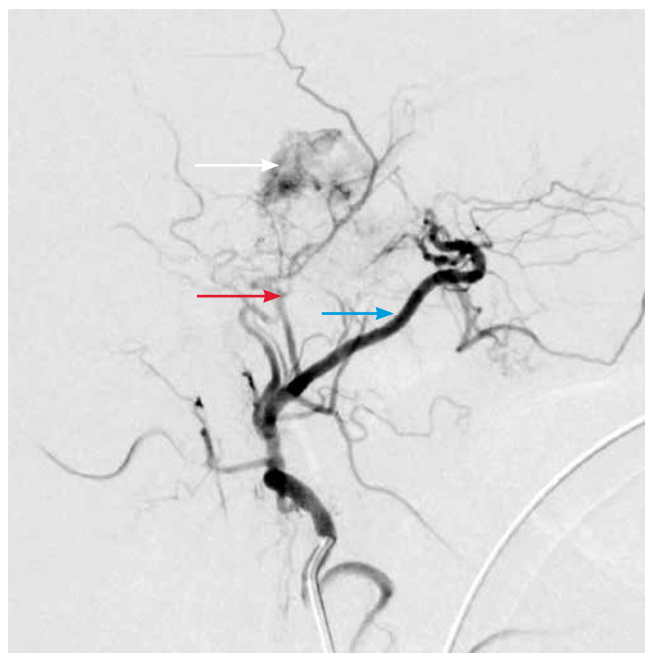


Рис. 3. Ангиография в боковой проекции в режиме субтракции. Бассейн правой наружной сонной артерии. Визуализированы патологическая сеть дуральных артериовенозных фистул (белая стрелка), питающие ветви наружной сонной артерии: верхнечелюстная (синяя стрелка) и средняя оболочечная (красная стрелка) артерии

Fig. 3. Subtraction angiography, lateral projection. System of the right external carotid artery. Visualization of the pathological network of dural arteriovenous fistulas (white arrow), supplying branches of the external carotid artery: maxillary (blue arrow) and middle meningeal (red arrow) arteries



Рис. 4. Ангиография в боковой проекции в режиме субтракции. Бассейн левой наружной сонной артерии. Визуализированы патологическая сеть дуральных артериовенозных фистул (красная стрелка), питающие ветви наружной сонной артерии: верхнечелюстная и средняя оболочечная артерии (желтая стрелка), сброс крови в глазничные вены и каменистые синусы (синяя стрелка)

Fig. 4. Subtraction angiography, lateral projection. System of the left external carotid artery. Visualization of the pathological network of dural arteriovenous fistulas (red arrow), supplying branches of the external carotid artery: maxillary and middle meningeal arteries (yellow arrow), shunt into the orbital veins and petrosal sinuses (blue arrow)

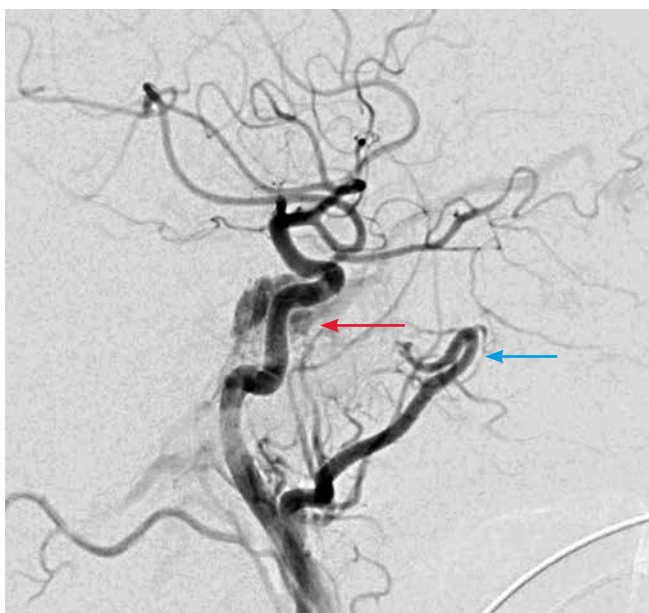


Рис. 5. Ангиография в боковой проекции в режиме субтракции. Бассейн левой общей сонной артерии. Визуализированы патологическая сеть дуральных артериовенозных фистул (красная стрелка), питающие ветви менингогипофизарного ствола и наружной сонной артерии (верхнечелюстная и средняя оболочечная артерии) (синяя стрелка)

Fig. 5. Subtraction angiography, lateral projection. System of the left common carotid artery. Visualization of the pathological network of dural arteriovenous fistulas (red arrow), supplying branches of the meningohipophyseal trunk and external carotid artery (maxillary and middle meningeal arteries) (blue arrow)

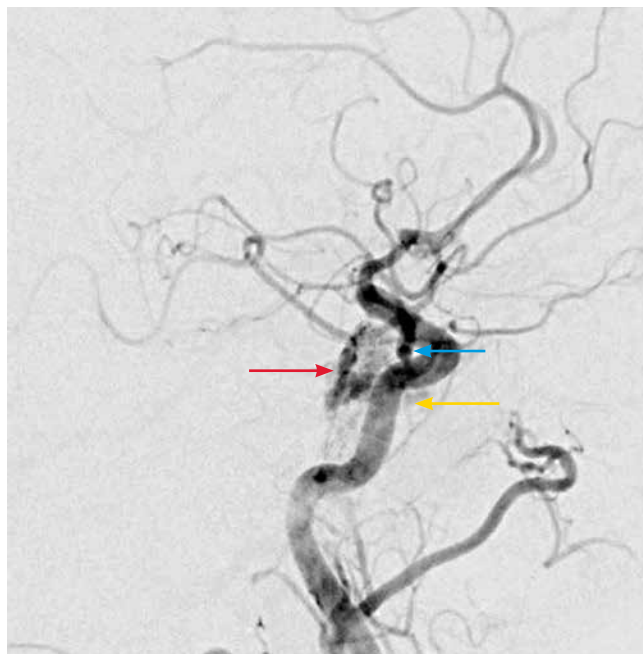


Рис. 6. Ангиография в косой проекции в режиме субтракции. Бассейн левой общей сонной артерии. Визуализированы патологическая сеть дуральных артериовенозных фистул (красная стрелка), питающие ветви менингогипофизарного ствола (синяя стрелка) и наружной сонной артерии: верхнечелюстная и средняя оболочечная артерии (желтая стрелка)

Fig. 6. Subtraction angiography, oblique projection. System of the left common carotid artery. Visualization of the pathological network of dural arteriovenous fistulas (red arrow), supplying branches of the meningohipophyseal trunk (blue arrow) and external carotid artery: maxillary and middle meningeal arteries (yellow arrow)

При МРТ головного мозга и сосудов от 14.10.2016 определена ДАВФ по ходу кавернозного отдела обеих ВСА, в точке отхождения латерального каротидно-кавернозного ствола. При бесконтрастной МРТ артерий визуализируется патологический артериальный сброс, наиболее выраженный слева (рис. 7).

Для коррекции неврологической симптоматики (глазодвигательных нарушений), которую пациент характеризовал как невыносимую, а также для снижения риска разрыва ДАВФ и для сокращения объема патологического артериовенозного сброса 14.10.2016 проведен 1-й этап дистанционного стереотаксически ориентированного облучения ДАВФ на аппарате Elekta Leksell Gamma Knife Perfexion. Ввиду преобладания левосторонних глазодвигательных нарушений, на 1-м этапе выполнено лечение в области левого КС в пределах толерантности окружающих тканей с краевой предписанной дозой 21 Гр, предписанной изодозой 65 % (рис. 8).

Период наблюдения протекал без особенностей. При контрольном осмотре 15.05.2017 сохранялось нарушение функции левого отводящего нерва; инъектированность склер слева, регрессировал экзофтальм слева.

По данным церебральной ангиографии от 15.05.2017, просвет сосудов не изменен. Патологический артериовенозный сброс в оба КС отсутствует (рис. 9).

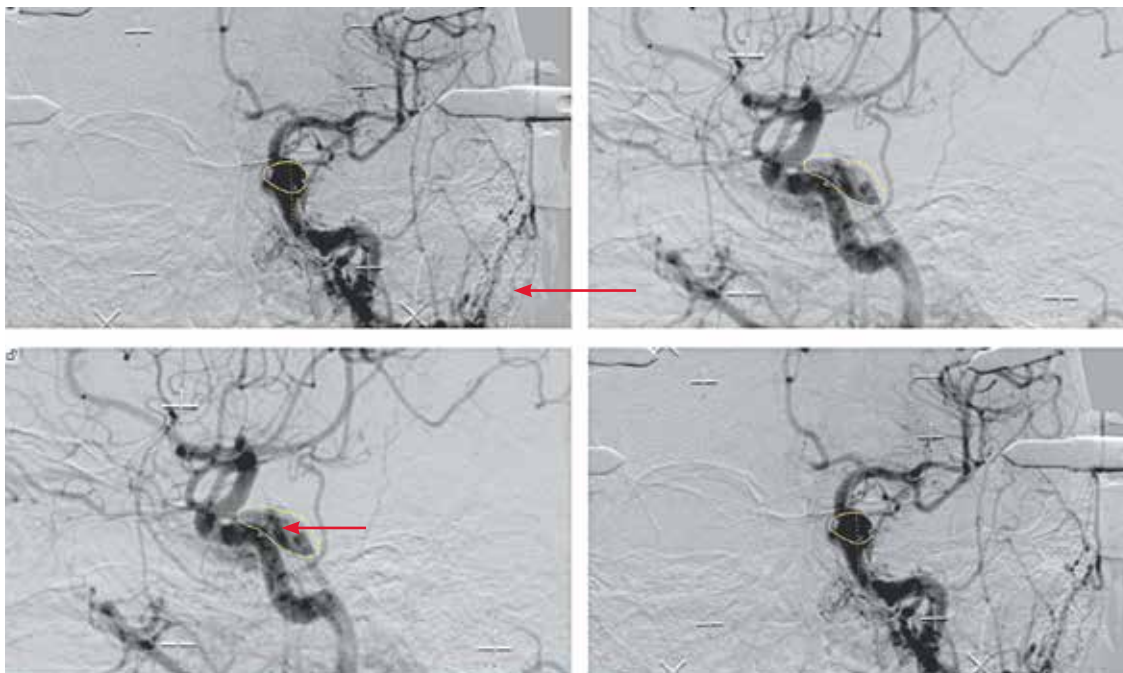


Рис. 7. Планирование стереотаксической радиохирургии в системе Leksell Gamma Plan 10.1. Ангиография в боковой и прямой проекциях в режиме субтракции. Дуральные артериовенозные фистулы кавернозной локализации, тип I по классификации J.A. Borden, тип B по классификации D.L. Barrow. Предписанная изодоза 65 % (желтый контур). Питающая ветвь менингогипофизарного ствола (красная стрелка)

Fig. 7. Planning of stereotactic radiosurgery using the Leksell Gamma Plan 10.1 system. Subtraction angiography, lateral and frontal projections. Dural arteriovenous fistulas in the cavernous localization, Borden type I, Barrow type B. Prescribed isodose is 65 % (yellow contour). Supplying branch of the meningohypophyseal trunk (red arrow)

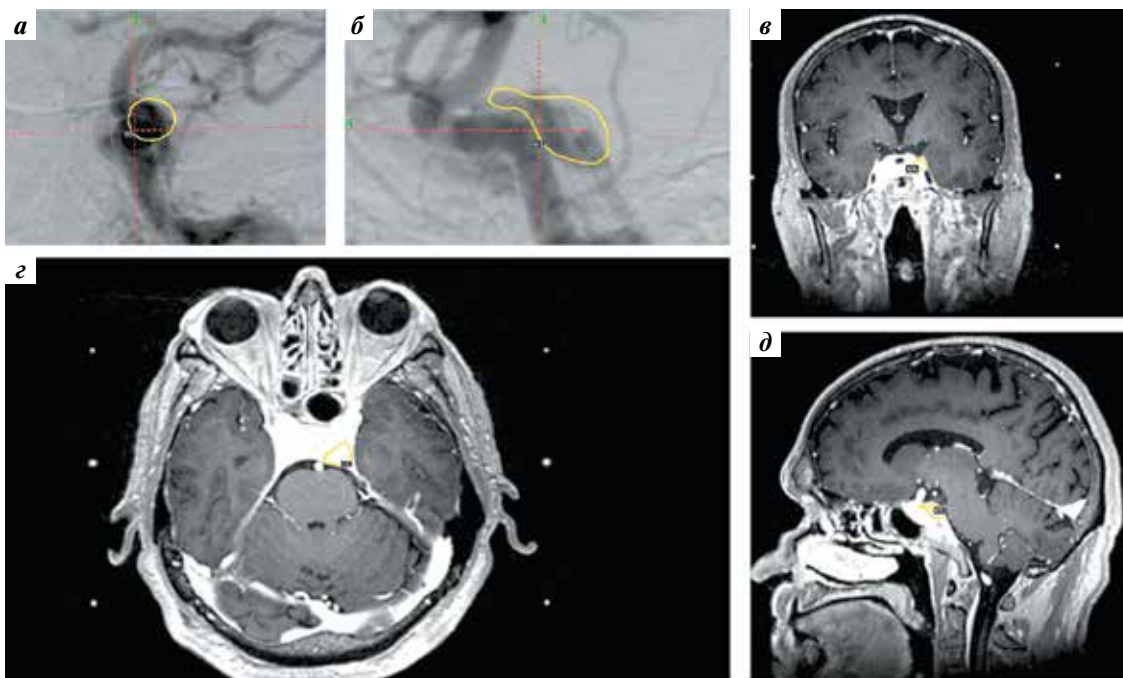


Рис. 8. Планирование стереотаксического радиохирургического вмешательства в системе Leksell Gamma Plan 10.1: а, б — ангиография в боковой (а) и прямой (б) проекциях в режиме субтракции; в—д — магнитно-резонансная томография головного мозга в аксиальной (в), коронарной (з) и сагиттальной (д) проекциях с контрастным усилением в режиме T1. Дуральные артериовенозные фистулы кавернозной локализации, тип I по классификации J.A. Borden, тип B по классификации D.L. Barrow. Предписанная изодоза 65 % (желтый контур)

Fig. 8. Planning of stereotactic radiosurgical intervention using the Leksell Gamma Plan 10.1 system: а, б — subtraction angiography, lateral (а) and frontal (б) projections; в—д — contrast enhanced T1-weighted magnetic resonance imaging of the brain, axial (в), coronary (з) and sagittal (д) projections. Dural arteriovenous fistulas in the cavernous localization, Borden type I, Barrow type B. Prescribed isodose is 65 % (yellow contour)

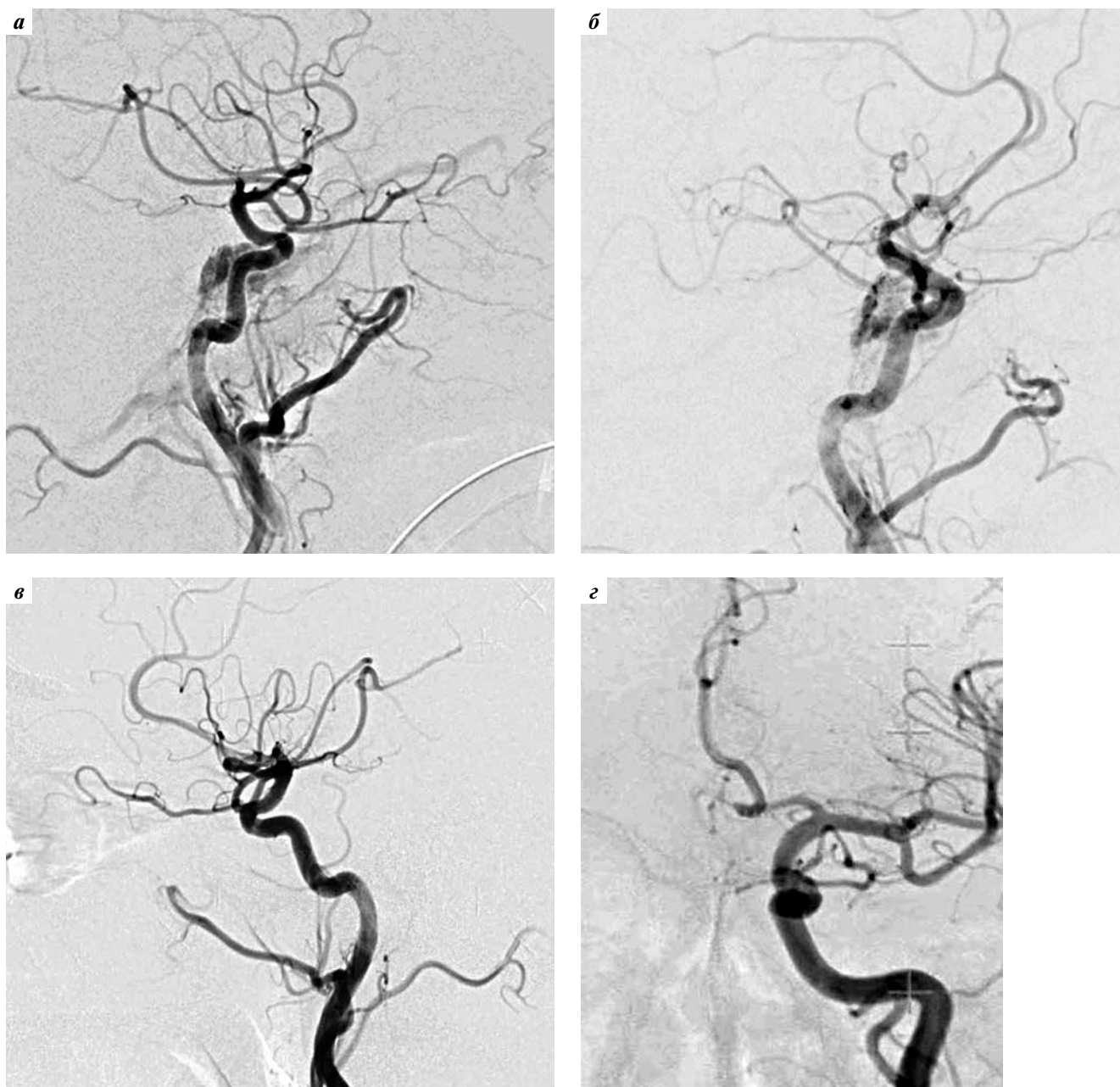


Рис. 9. Ангиография в режиме субтракции. Левая общая сонная артерия: а, б — до лечения, боковая (а) и косая (б) проекции; в, г — через 7 мес после стереотаксического радиохирургического вмешательства, боковая (в) и прямая (г) проекции. Патологическая сеть дуральных артериовенозных фистул не визуализируется

Fig. 9. Subtraction angiography. Left common carotid artery: а, б — prior to treatment, lateral (а) and oblique (б) projections; в, г — 7 months after stereotactic radiosurgical intervention, lateral (в) and frontal (г) projections. The pathological network of dural arteriovenous fistulas can't be visualized

При МРТ головного мозга и сосудов с внутривенным контрастным усилением от 08.04.2017 признаков наличия ДАВФ не выявлено (рис. 10). Компьютерная томография сосудов не выполнена в связи с технической невозможностью распознавания данного формата изображений на станции планирования аппарата Lexell Gamma Knife Perfection.

Через 24 мес после лечения зафиксированы полный регресс глазодвигательных нарушений и инъекционности склер.

ОБСУЖДЕНИЕ

В этом клиническом примере описано проведение СРХЛ с помощью аппарата «гамма-нож» при двусторонних внутричерепных ДАВФ, проявившихся зрительными расстройствами, экзофтальмом и инъекционностью склер. В нашем случае признаков цереброваскулярного рефлюкса не наблюдалось. Однако на данном этапе развития представлений о гемодинамике ДАВФ все еще остается неизвестным, как это может ограничивать применение СРХЛ, в том числе изолированное [4].

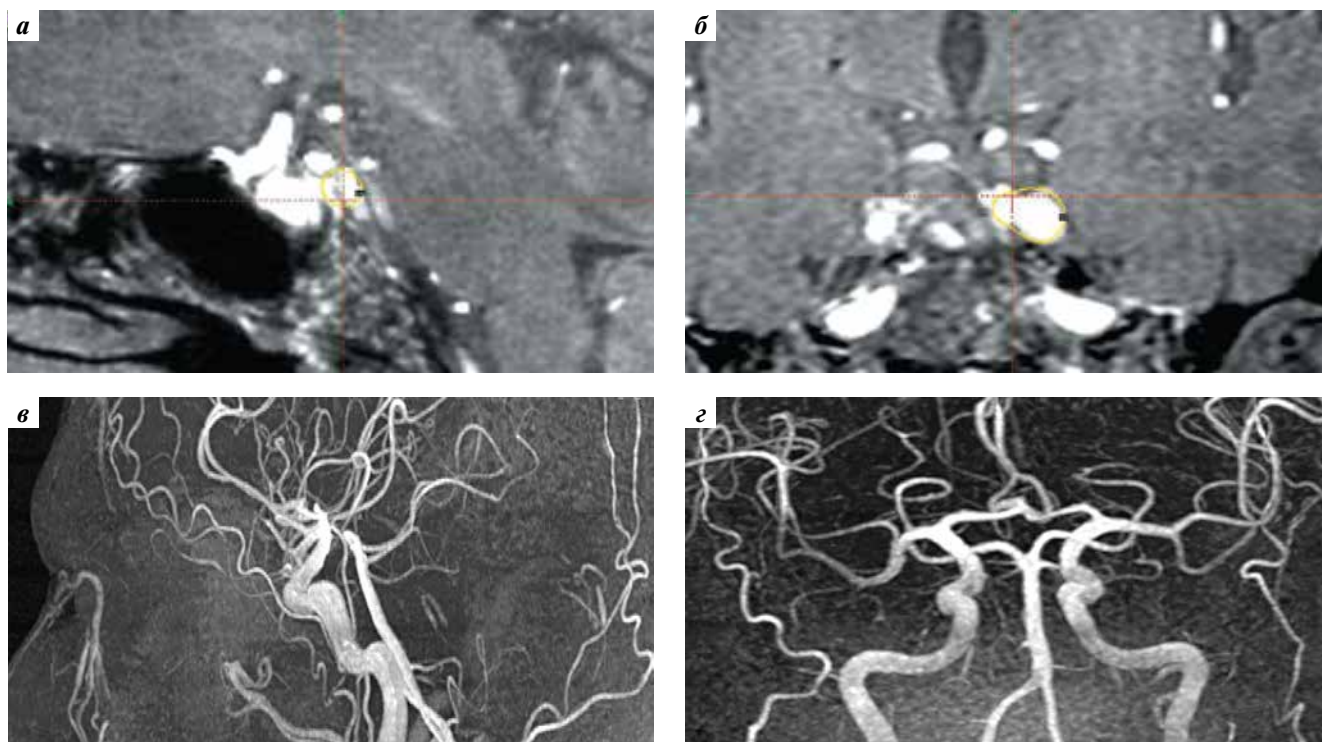


Рис. 10. Магнитно-резонансная томография сосудов головного мозга в режиме 3D-TOF: а, б — до операции, сагиттальная (а) и фронтальная (б) проекции. Предписанная изодоза 65 % (желтый контур); в, г — через 7 мес после стереотаксического радиохирургического вмешательства, сагиттальная (в) и фронтальная (г) проекции. Патологическая сеть дуральных артериовенозных фистул не визуализируется

Fig. 10. 3D-TOF magnetic resonance angiography of the brain: а, б — prior to surgery, sagittal (а) and frontal (б) projections. Prescribed isodose is 65 % (yellow contour); в, г — 7 months after stereotactic radiosurgical intervention, sagittal (в) and frontal (г) projections. The pathological network of dural arteriovenous fistulas can't be visualized

Следует отметить, что изолированное СРХЛ более предпочтительно при ДАВФ кавернозной локализации, чем при ДАВФ, располагающихся в иных церебральных структурах. Вероятность облитерации при кавернозном расположении ДАВФ варьирует от 75 до 93 %, при иной локализации — от 58 до 65 % [4, 6, 21].

В пользу целесообразности СРХЛ свидетельствует минимальная частота осложнений после процедуры, таких как кровоизлияние (1,2 %), нарастание неврологического дефицита (1,3 %) и летальный исход (0,3 %) [4].

Однако следует помнить, что благодаря наличию многочисленных путей венозного дренажа симптомы ДАВФ кавернозной локализации часто имеют доброкачественный характер. И такие симптомы, как помутнение зрения, диплопия, экзофтальм, хемоз и глаукома, при низкопоточной ДАВФ (типов В, С и D по классификации D.L. Barrow) способны самостоятельно регрессировать вследствие спонтанной окклюзии ДАВФ. Некоторые авторы рекомендуют консервативные методы лечения этих поражений, называя компрессию

шейного отдела сонной артерии и яремной вены терапией 1-й линии [4].

Следовательно, выбор между консервативным ведением больного и оперативным вмешательством должен быть сделан в каждом случае индивидуально. Необходимо учитывать тяжесть неврологической симптоматики, ангиоархитектонику ДАВФ, риск кровоизлияния, а также эффективность и безопасность выбранного метода лечения [21, 22].

Полная облитерация ДАВФ после СРХЛ имеет типичный латентный период 1–3 года, поэтому СРХЛ может быть более подходящей методикой для низкопоточных ДАВФ типов В, С и D по классификации D.L. Barrow [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стереотаксическое радиохирургическое лечение с помощью аппарата «гамма-нож» может стать методом выбора при двусторонних ДАВФ. Такое лечение возможно при низкопоточных ДАВФ, а также как часть комбинированной стратегии при высокопоточных ДАВФ.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Seo Y., Kim D.G., Dho Y.S. et al. A retrospective analysis of the outcomes of dural arteriovenous fistulas treated with Gamma Knife radiosurgery: a single-institution experience. *Stereotact Funct Neurosurg* 2018;96(1):46–53. DOI: 10.1159/000486685.
- Sun L.L., Tang W.X., Liu L. et al. Dural arteriovenous fistula disguised as cerebral venous sinus thrombosis. *J Zhejiang Univ Sci B* 2017;18(8):733–6. DOI: 10.1631/jzus.b1600499.
- Jabbour P., Tjoumakaris S., Chalouhi N. et al. Endovascular treatment of cerebral dural and pial arteriovenous fistulas. *Neuroimaging Clin N Am* 2013;23(4):625–36. DOI: 10.1016/j.nic.2013.03.010.
- Tanaka M. Embryological consideration of dural AVF. *Acta Neurochir Suppl* 2016;123:169–76. DOI: 10.1007/978-3-319-29887-0_24.
- Yamaguchi T., Higaki A., Yokota H. et al. A case of dural arteriovenous fistula in the falx cerebri: case report and review of the literature. *NMC Case Rep J* 2016;3(3):67–70. DOI: 10.2176/nmccrj.cr.2015-0281.
- Tsai L.K., Liu H.M., Jeng J.S. Diagnosis and management of intracranial dural arteriovenous fistulas. *Expert Rev Neurother* 2016;16(3):307–18. DOI: 10.1586/14737175.2016.1149063.
- Park K.S., Kang D.H., Park S.H., Kim Y.S. The efficacy of gamma knife radiosurgery alone as a primary treatment for intracranial dural arteriovenous fistulas. *Acta Neurochir (Wien)* 2016;158(4):821–8. DOI: 10.1007/s00701-016-2720-9.
- Tonetti D.A., Gross B.A., Jankowitz B.T. et al. Reconsidering an important subclass of high-risk dural arteriovenous fistulas for stereotactic radiosurgery. *J Neurosurg* 2018;130(3):972–6. DOI: 10.3171/2017.10.jns171802.
- Borden J.A., Wu J.K., Shucart W.A. A proposed classification for spinal and cranial dural arteriovenous fistulous malformations and implications for treatment. *J Neurosurg* 1995;82(2):166–79. DOI: 10.3171/jns.1995.82.2.0166.
- Cognard C., Gobin Y.P., Pierot L. et al. Cerebral dural arteriovenous fistulas: clinical and angiographic correlation with a revised classification of venous drainage. *Radiology* 1995;194(3):671–80. DOI: 10.1148/radiology.194.3.7862961.
- Barrow D.L., Spector R.H., Braun I.F. et al. Classification and treatment of spontaneous carotid-cavernous sinus fistulas. *J Neurosurg* 1985;62(2):248–256. DOI: 10.3171/jns.1985.62.2.0248.
- Operative Neurosurgery. Intracranial dural arteriovenous fistula. Available at: https://operativeneurosurgery.com/doku.php?id=intracranial_dural_arteriovenous_fistula.
- Chen C.J., Buell T.J., Diamond J. et al. Stereotactic radiosurgery for high-grade intracranial dural arteriovenous fistulas. *World Neurosurg* 2018;116:e640–8. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.05.062.
- Chen C.J., Lee C.C., Ding D. et al. Stereotactic radiosurgery for intracranial dural arteriovenous fistulas: a systematic review. *J Neurosurg* 2015;122(2):353–62. DOI: 10.3171/2014.10.jns14871.
- Yang H., Kano H., Kondziolka D. et al. Stereotactic radiosurgery with or without embolization for intracranial dural arteriovenous fistulas. *Neurosurgery* 2010;67(5):1276–85. DOI: 10.1227/neu.0b013e3181ef3f22.
- Pan D.H., Wu H.M., Kuo Y.H. et al. Intracranial dural arteriovenous fistulas: natural history and rationale for treatment with stereotactic radiosurgery. *Prog Neurol Surg* 2013;27:176–94. DOI: 10.1159/000341793.
- Barcia-Salorio J.L., Soler F., Barcia J.A., Hernández G. Stereotactic radiosurgery for the treatment of low-flow carotid-cavernous fistulae: results in a series of 25 cases. *Stereotact Funct Neurosurg* 1994;63(1–4):266–70. DOI: 10.1159/000100330.
- Dalyai R.T., Ghobrial G., Chalouhi N. et al. Radiosurgery for dural arteriovenous fistulas: a review. *Clin Neurol Neurosurg* 2013;115(5):512–6. DOI: 10.1016/j.clineuro.2013.01.020.
- Fujita A., Nakamura M., Tamaki N. [Multiple dural arteriovenous fistulas involving both the cavernous sinus and the posterior fossa: report of two cases and review of the literature (In Japanese)]. *No Shinkei Geka* 2001;29(11):1065–72.
- Wang G.C., Chen K.P., Chiu T.L., Su C.F. Treating intracranial dural arteriovenous fistulas with gamma knife radiosurgery: a single-center experience. *Ci Ji Yi Xue Za Zhi* 2017;29(1):18–23. DOI: 10.4103/tcmj.tcmj_4_17.
- Katsaridis V., Papagiannaki C., Violaris C. Endovascular treatment of a bilateral ophthalmic-ethmoidal artery dural arteriovenous fistula. *J Neuroophthalmol* 2007;27(4):281–4. DOI: 10.1097/wno.0b013e31815b99ee.
- Sugrue P.A., Hurley M.C., Bendok B.R. et al. High-grade dural arteriovenous fistula simulating a bilateral thalamic neoplasm. *Clini Neurol Neurosurg* 2009;111(7):629–32. DOI: 10.1016/j.clineuro.2009.05.004.
- Ros de San Pedro J., Pérez C.J., Parra J.Z. et al. Bilateral ethmoidal dural arteriovenous fistula: unexpected surgical diagnosis. *Clin Neurol Neurosurg* 2010;112(10):903–8. DOI: 10.1016/j.clineuro.2010.07.006.
- Sirakov S., Sirakov A., Hristov H., Ninov K. Successful endovascular treatment of ruptured bilateral ophthalmic frontal dural arteriovenous fistula. *Radiol Case Rep* 2018;13(5):1036–41. DOI: 10.1016/j.radcr.2018.04.011.
- Lin T.C., Chung H.K., Hsu J.N. Spontaneous bilateral dural arteriovenous fistulas with pulsatile tinnitus. *Ear Nose Throat J* 2015;94(1):E10–3.
- Токарев А.С., Крылов В.В., Рак В.А. и др. Первый опыт радиохирургического лечения пациентов с интракраниальной патологией на аппарате «Гамма-нож» в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. *Русский медицинский журнал* 2017;(16):1204. [Tokarev A.S., Krylov V.V., Rak V.A. et al. First experience of radiosurgical treatment of patients with intracranial pathology with the Gamma Knife at the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. *Russky meditsinsky zhurnal = Russian Medical Journal* 2017;(16):1204. (In Russ.)].

Вклад авторов

А.С. Токарев: разработка дизайна исследования, проведение операции, анализ полученных данных, написание текста статьи;

В.А. Рак: проведение операции, получение данных для анализа, написание текста статьи;

К.В. Грецих: анализ полученных данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;

О.Л. Евдокимова: проведение операции, анализ полученных данных;

О.А. Викторова: проведение операции, получение данных для анализа.

Authors' contributions

A.S. Tokarev: development of research design, performing the operation, analysis of the obtained data, article writing;

V.A. Rak: performing the operation, obtaining data for analysis, article writing;

K.V. Gretsikh: analysis of the obtained data, reviewing of publications on the article's theme, article writing;

O.L. Evdokimova: performing the operation, analysis of the obtained data;

O.A. Viktorova: performing the operation, obtaining data for analysis.

ORCID авторов/ORCID of authors

А.С. Токарев/A.S. Tokarev: <https://orcid.org/0000-0002-8415-5602>

В.А. Рак/V.A. Rak: <https://orcid.org/0000-0002-4534-8719>

К.В. Грецих/K.V. Gretsikh: <https://orcid.org/0000-0003-1042-0837>

О.Л. Евдокимова/O.L. Evdokimova: <https://orcid.org/0000-0001-8099-9544>

О.А. Викторова/O.A. Viktorova: <https://orcid.org/0000-0002-2221-6641>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Информированное согласие. Пациент подписал информированное согласие на публикацию своих данных.

Informed consent. The patient gave written informed consent to the publication of his data.

Статья поступила: 06.06.2019. Принята к публикации: 08.09.2019.

Article submitted: 06.06.2019. Accepted for publication: 08.09.2019.