



© CC BY Коллектив авторов, 2022
УДК 616.13/.14-089.86-089.819.5
DOI: 10.24884/1607-4181-2022-29-4-60-71

А. В. Сергеев*, А. И. Кискаев, А. В. Савелло, Ф. А. Чемуриева, В. Ю. Чербило

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

ГИБРИДНЫЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВА ПРИ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ ДУРАЛЬНЫХ АРТЕРИОВЕНОЗНЫХ ФИСТУЛАХ С ИЗОЛИРОВАННЫМ СЕГМЕНТОМ ВЕНОЗНОГО СИНУСА

Поступила в редакцию 28.06.2022 г.; принята к печати 06.02.2023 г.

Резюме

Введение. Дуральные артериовенозные фистулы головного мозга в большинстве случаев могут быть эффективно излечены эндоваскулярно. Однако редко встречающиеся фистулы с изолированным сегментом венозного синуса могут представлять трудности для радикального разобщения патологического соустья. Гибридное хирургическое вмешательство (сочетание открытого хирургического доступа к синусу и пункционной эмболизации в условиях гибридной операционной) может значительно повысить эффективность хирургического лечения пациентов с подобной патологией.

Цель — улучшение результатов хирургического лечения пациентов с церебральными дуральными артериовенозными фистулами с изолированным сегментом венозного синуса путем применения гибридного хирургического вмешательства.

Методы и материалы. Выполнено 2 оперативных вмешательства с применением микрохирургического и эндоваскулярного методов. Оперативные вмешательства проводились в гибридной операционной.

Результаты. В обоих случаях достигнуто радикальное разобщение дуральных артериовенозных фистул. Послеоперационный период благоприятный в обоих случаях с положительной динамикой в неврологическом статусе.

Заключение. Гибридные вмешательства, сочетающие микрохирургический и эндоваскулярный способы, позволяют достичь радикального разобщения «сложных» церебральных дуральных артериовенозных фистул с изолированным сегментом венозного синуса.

Ключевые слова: гибридная операционная, гибридное хирургическое вмешательство, церебральные дуральные артериовенозные фистулы

Для цитирования: Сергеев А. В., Кискаев А. И., Савелло А. В., Чемуриева Ф. А., Чербило В. Ю. Гибридные вмешательства при церебральных дуральных артериовенозных фистулах с изолированным сегментом венозного синуса. *Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова.* 2022;29(4):60–71. DOI: 10.24884/1607-4181-2022-20-4-60-71.

* **Автор для связи:** Андрей Владимирович Сергеев, ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И. П. Павлова Минздрава России, 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8. E-mail: md_sergeev@yahoo.com.

Andrei V. Sergeev*, Aigazi I. Kiskaev, Aleksander V. Savello, Fatima A. Chemurzieva, Vladislav Yu. Cherebillo

Pavlov University, Saint Petersburg, Russia

HYBRID INTERVENTIONS ON CEREBRAL DURAL ARTERIOVENOUS FISTULAS WITH ISOLATED SEGMENT OF THE VENOUS SINUS

Received 28.06.2022; accepted 06.02.2023

Summary

Introduction. In most cases, dural arteriovenous fistulas of the brain can be effectively treated endovascularly. However, rare fistulas with an isolated segment of the venous sinus may be difficult to treat surgically. Hybrid surgical interventions

(combination of open surgical access to the sinus and puncture embolization in hybrid operating room) can significantly increase the effectiveness of surgical treatment of patients with this pathology.

The objective was to improve the results of surgical treatment of patients with cerebral dural arteriovenous fistulas with isolated segment of the venous sinus by using a hybrid surgical intervention.

Methods and materials. 2 surgical interventions were performed using microsurgical and endovascular methods. Surgical interventions were made in hybrid operating room.

Results. Radical occlusion of dural arteriovenous fistulas was achieved in both cases. The postoperative period was favorable in both cases with positive dynamics in the neurological status.

Conclusions. Hybrid interventions combining microsurgical and endovascular methods make it possible to achieve radical occlusion of "complex" cerebral dural arteriovenous fistulas with isolated segments of the venous sinus.

Keywords: hybrid operating room, hybrid surgical interventions, cerebral dural arteriovenous fistulas

For citation: Sergeev A. V., Kiskaev A. I., Savello A. V., Chemurzieva F. A., Cherebillo V. Yu. Hybrid interventions on cerebral dural arteriovenous fistulas with isolated segment of the venous sinus. *The Scientific Notes of Pavlov University*. 2022;29(4):60–71. (In Russ.). DOI: 10.24884/1607-4181-2022-29-4-60-71.

* **Corresponding author:** Andrei V. Sergeev, Pavlov University, 6-8 L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, 197022, Russia. E-mail: md_sergeev@yahoo.com.

ВВЕДЕНИЕ

Церебральная дуральная артериовенозная фистула (ЦДАВФ) — редкое заболевание, представляющее собой формирование аномальных связей между артериями и венами твердой мозговой оболочки. ЦДАВФ составляют 10–15 % из всех артериовенозных мальформаций головного мозга [1] и диагностируются с частотой 0,29 на 100000 взрослых в год [2, 3]. В связи с редкой встречаемостью ЦДАВФ литературные данные представлены в виде кейс-репортов и серии случаев [4].

Решающее значение для оценки риска геморагических и негеморагических проявлений ЦДАВФ имеет венозный паттерн шунтирования. Известно, что ЦДАВФ с ретроградным заполнением артериальной кровью корковых вен несут высокий риск кровотечения, и поэтому требуют быстрой диагностики и активного лечения [5–8]. К таким относятся ЦДАВФ высокой градации, которые классифицируются как Borden II и III/ Cognard Ib–V [9, 10]. По данным, представленным Z. Zipfel et al. (2009), известно, что в случае симптомной ЦДАВФ риск внутричерепного кровоизлияния составляет 7,5 % ежегодно в сравнении с 1,5 % при бессимптомном течении (1,5 %) [11]. Среди фистул высокой градации можно выделить еще более редкую форму «сложных» дуральных фистул — ЦДАВФ изолированного типа, которая связана с кортикальным рефлюксом из изолированного сегмента венозного русла (как правило, венозного синуса) и имеет высокий риск кровотечения. Подобные фистулы требуют ускоренного оперативного вмешательства по причине частых осложнений течения заболевания [8, 12].

Существующие методы хирургического лечения ЦДАВФ включают эндоваскулярную хирургию, микрохирургию и радиохимию. Первой линией выбора хирургического лечения ЦДАВФ является эндоваскулярная эмболизация, а именно трансвенозная эндоваскулярная эмболизация (ТВЭ) или трансартериальная эндоваскулярная эмболизация (ТАЭ) [8]. Для уменьшения риска миграции эмболизата хирурги используют трансвенозные баллон- или стентассистирующие тех-

ники с ТАЭ или ТВЭ с использованием клеевой композиции [14–16]. В случае стенозирования путей оттока от ЦДАВФ проводится пластика синуса с помощью баллона с возможной реконструкцией стентом, после чего применяется стандартная ТВЭ койлами [17]. Микрохирургические методики редко используются по причине трудоемкости и низкой радикальности [9]. Радиохимию подход демонстрирует низкую частоту излечения и требует длительного времени до завершения облитерации, но может использоваться как дополнительный метод после микрохирургии, эмболизации и комбинированного лечения [19, 20].

Наиболее сложными и трудоемкими в хирургии считаются фистулы больших дуральных синусов высоких градаций по Borden и Cognard, таких как кавернозный синус, верхний сагиттальный синус (ВСС), поперечный и сигмовидный синусы, особенно изолированного характера [9, 10]. При ЦДАВФ изолированного типа отсутствует эндоваскулярный венозный доступ и, как правило, множество артериальных афферентов исключают возможность эмболизации трансартериально. В подобных случаях оптимально использовать гибридную хирургию путем прямой транссинусной эмболизации (ПТСЭ) с применением 2 подходов одновременно: хирургического и эндоваскулярного [18]. По данным авторов [17], имеющих опыт 7 подобных вмешательств, ПТСЭ является оптимальным вариантом для лечения ЦДАВФ изолированного типа, расположенных в окклюзированных поперечном или верхнем сагиттальном синусах. Сочетание открытой хирургии с эндоваскулярной эмболизацией возможно одновременно в гибридной операционной, которая оснащена оборудованием, позволяющим выполнять интраоперационную церебральную ангиографию (ЦАГ), КТ, МРТ, проводить гибридные операции без транспортировки пациента между операционными [21–23].

В данной статье представлен и обсужден собственный опыт использования гибридной операционной, отражены преимущества гибридных вмешательств в хирургии «сложных» изолированных церебральных дуральных артериовенозных фистул.

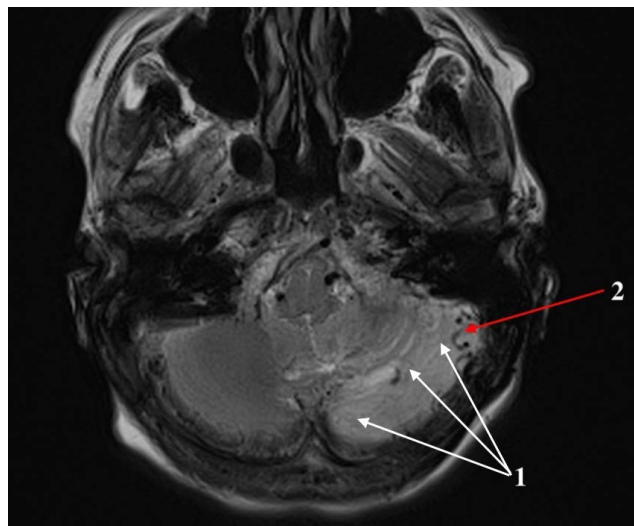


Рис. 1. МРТ головного мозга, режим T1: 1 – ишемия в области левого полушария мозжечка за счет синдрома обкрадывания; 2 – расширенная сосудистая сеть приводящих артериальных афферентов в области поперечного и сигмовидного синусов

Fig. 1. MRI of the brain A) T1 mode: 1 – ischemia in the left hemisphere of the cerebellum due to the steal syndrome; 2 – extended vascular network of arterial afferents in the region of the transverse and sigmoid sinuses

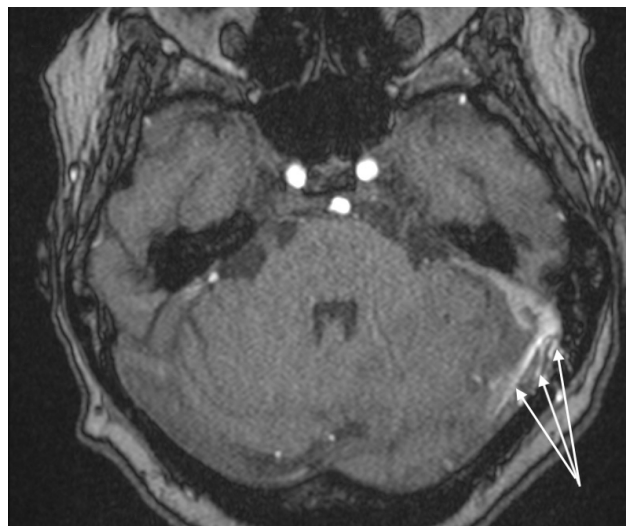


Рис. 2. МРТ головного мозга, сосудистый режим. Стрелками отмечена фистула поперечного и сигмовидного синусов

Fig. 2. MRI of the brain, vascular mode. The arrows indicate the fistula of the transverse and sigmoid sinuses

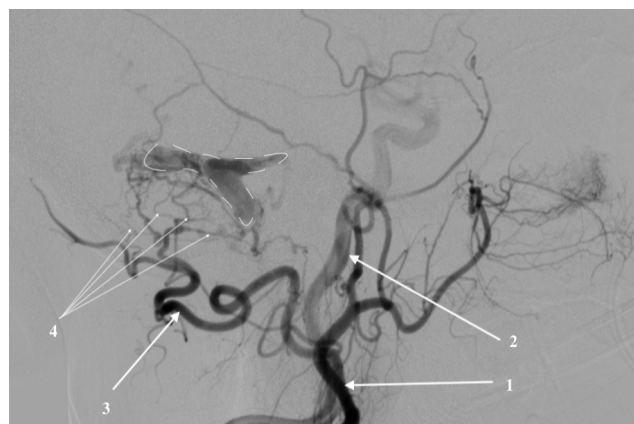


Рис. 3. Церебральная ангиография, сагиттальная проекция, артериальная фаза заполнения фистулы. Пунктирной линией очерчен контур фистулы: 1 – наружная сонная артерия; 2 – внутренняя сонная артерия; 3 – затылочная артерия; 4 – множественные афференты фистулы

Fig. 3. Cerebral angiography, sagittal view, arterial contrast phase of the fistula. The dotted line outlines the contour of the fistula: 1 – external carotid artery; 2 – internal carotid artery; 3 – occipital artery; 4 – multiple fistula afferents

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для выполнения операций при ЦДАВФ изолированного типа использовалась гибридная операционная, которая оборудована многоосевым роботизированным ангиографическим комплексом и операционным столом с рентген-прозрачной деккой для проведения этапа эндоваскулярной хирургии. Система позиционирования роботизированной С-дуги позволяет получить не только снимки двумерной ЦАГ, но и интраоперационно выполнить 3D-ангиографию и плоскодетекторную КТ. Оснащение гибридной операционной позволяет

перемещать С-дугу в различные парковочные положения, освобождая дополнительное пространство для доступа к пациенту на этапе открытой хирургии.

При лечении сложных дуральных фистул в гибридной операционной выполнялся нейрохирургический доступ непосредственно к изолированному венозному сегменту. Выполнялась трепанация черепа с последующей пункцией изолированного венозного сегмента, обеспечивавшая проведение микрокатетера с последующим разобщением фистулы. С целью маркировки доступа к фистуле использовались рентгеноскопия в режиме Roadmap и интраоперационное ультразвуковое сканирование.

Было выполнено 2 оперативных вмешательства в гибридной операционной при «сложных», изолированных дуральных фистулах. В первом клиническом случае послеоперационный период протекал без осложнений с положительной динамикой в виде регресса шума в голове, головной боли. Катамез в течение 1 года. Контрольная церебральная ангиография не выявила рецидива оперированной фистулы. Во втором случае наблюдался регресс общемозгового синдрома, восстановилась память. Катамез в течение 2 лет – без ухудшения состояния. Пациентке была выполнена контрольная церебральная ангиография, подтвердившая радикальность выполненной операции.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 1

Пациентка 69 лет. В течение 6 месяцев беспокоили головные боли, постоянные головокружения и пульсирующий шум в затылочной области слева, нарушение координации движений, однократный

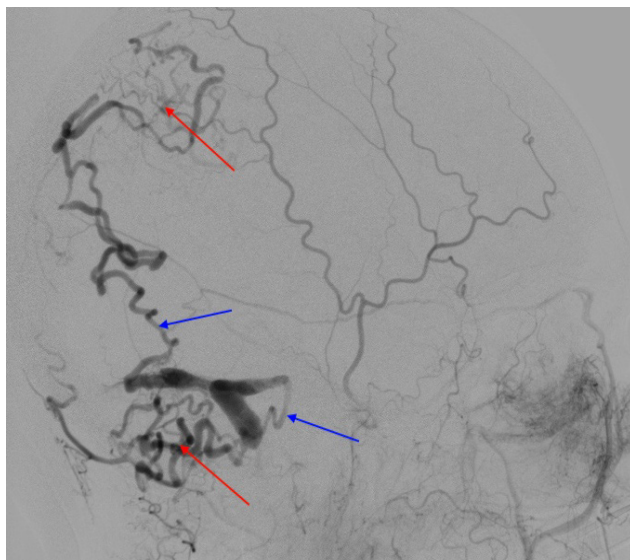


Рис. 4. Церебральная ангиография, сагиттальная проекция, венозная фаза заполнения фистулы. Синие стрелки – наиболее крупные дренирующие лептоменингеальные и корковые вены фистулы с ретроградным заполнением; Красные стрелки – истонченные концевые дренирующие вены фистулы

Fig. 4. Cerebral angiography, sagittal view, venous contrast phase of the fistula. Blue arrows – the largest draining leptomeningeal and cortical veins of the fistula with retrograde filling; Red arrows – terminal draining veins of the fistula

эпизод потери сознания. На амбулаторном этапе выполнено МРТ головного мозга. Выявлен отек левого полушария мозжечка на фоне наличия множества расширенных извитых сосудов у левого поперечного и сигмовидного синусов (рис. 1, 2).

На основании клинической картины и данных МРТ заподозрена дуральная фистула левого поперечного и сигмовидного синусов. На стационарном этапе обследования выполнена ЦАГ сосудов головного мозга. Визуализирована дуральная артериовенозная фистула изолированного сегмента левого поперечного и сигмовидного синусов, питающаяся мелкими ветвями левой затылочной артерии (рис. 3), с дренированием в корковые вены левой затылочной доли и корковые вены левой гемисферы мозжечка (рис. 4).

С учетом изолированного типа фистулы, дренирования крови из полости фистулы ретроградно в мозговые вены (Borden – III, Cognard – III), питания множественными мелкими афферентами из бассейна затылочной артерии, выполнение ТВА и ТВЭ не представлялось возможным.

Принято решение о проведении гибридного хирургического вмешательства в условиях гибридной операционной в виде открытого доступа к фистуле с последующей прямой пункцией изолированного сегмента поперечного синуса и последующей эндоваскулярной эмболизацией.

Описание операции: после пункции правой общей бедренной артерии и катетеризации ее интродьюсером выполнена селективная ангиография из

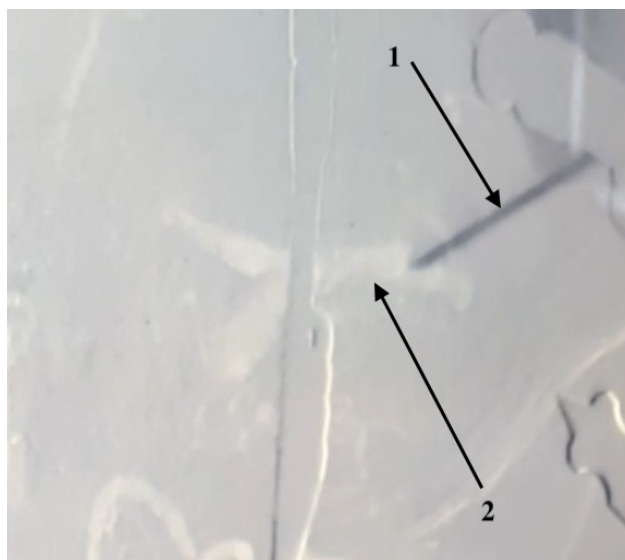


Рис. 5. Навигационная разметка с использованием интраоперационной церебральной ангиографии, режим «Roadmap». Пациент находится в наркозе с жесткой фиксацией головы в скобе Мейфилда: 1 – пункционная игла; 2 – законтрастированная полость фистулы

Fig. 5. Navigation by utilizing intraoperative cerebral angiography, «Roadmap» mode. The patient is under anesthesia with rigid fixation of the head in Mayfield brace: 1 – puncture needle; 2 – contrasted cavity of the fistula



Рис. 6. Наложение трепанационного отверстия и введение катетера в полость фистулы: 1 – трепанационное отверстие; 2 – кубитальный катетер 16G; 3 – артериальная кровь из полости фистулы

Fig. 6. Placement of a burr hole and insertion of a catheter into the fistula cavity: 1 – burr hole; 2 – venous catheter 16G; 3 – arterial blood from the cavity of the fistula

бассейна левой НСА с целью разметки изолированной части синуса (рис. 5).

Наложено трепанационное отверстие непосредственно над фистулой. Под контролем УЗИ выполнена прямая пункция фистулы венозным катетером. Получен артериализированный ток крови, подтверждающий правильное положение иглы (рис. 6).



Рис. 7. Церебральная ангиография, сагиттальная проекция. Красная стрелка — эмболизированная клеевой композицией фистула микроспиралями
 Fig. 7. Cerebral angiography, sagittal view. Red arrow — embolized fistula with microcoils, Onyx

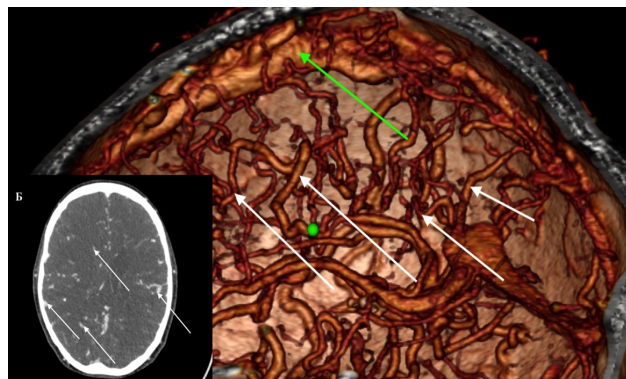


Рис. 8. МСКТ-ангиография сосудов головного мозга: А режим — 3D-реконструкция. Белые стрелки — расширенные поверхностные и глубокие вены мозга. Зеленая стрелка — полость фистулы в области верхнего сагиттального синуса
 Fig. 8. MSCT-angiography of cerebral vessels: A mode — 3D reconstruction. White arrows — dilated superficial and deep veins of the brain. Green arrow — fistula cavity in the region of the superior sagittal sinus

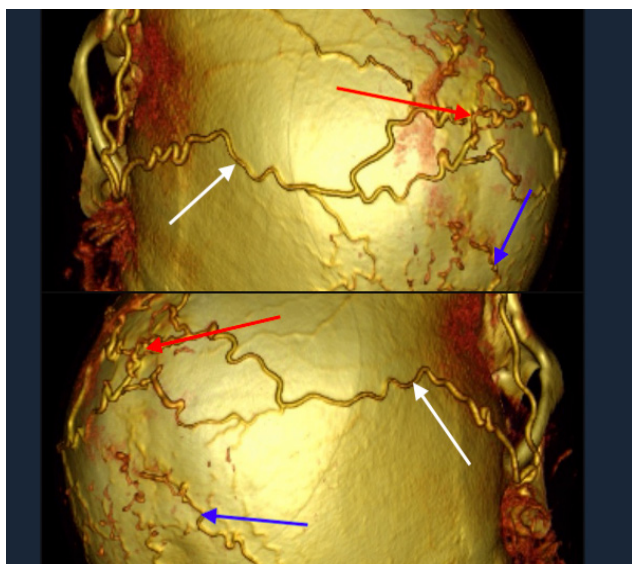


Рис. 9. МСКТ-ангиография сосудов головного мозга. 3D-реконструкция. Белые стрелки — гипертрофированные поверхностные височные артерии. Синие стрелки — гипертрофированные затылочные артерии. Красные стрелки — области интраоссального проникновения артерий мягких тканей головы в полость фистулы верхнего сагиттального синуса
 Fig. 9. MSCT-angiography of cerebral vessels. 3D reconstruction. White arrows — hypertrophic superficial temporal arteries. Blue arrows — hypertrophic occipital arteries. Red arrows — areas of intraosseal penetration of the arteries of the soft tissues of the head into the cavity of the fistula of the upper sagittal sinus

В установленный венозный катетер заведен микрокатетер, через просвет которого в синус имплантированы 4 микроспирали, а затем выполнена тотальная эмболизация изолированной части синуса и проксимальных частей отходящих от него кортикальных вен жидкой неадгезивной композицией ONYX. На контрольных интраоперационных снимках ЦАГ отмечается радикальное выключе-

ние фистулы из кровотока, магистральные артерии проходимы (рис. 7).

Оперативное вмешательство без осложнений, пациентка выписана без неврологического дефицита, с положительной динамикой в виде регресса головных болей, головокружения и шума в голове. Наблюдение за пациенткой осуществлялось в течение 1 года. Выполнена контрольная церебральная ангиография, не выявившая рецидива заболевания.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 2

Пациентка 45 лет, обратилась с жалобами на постоянную головную боль, шум в голове и снижение памяти. Было выполнено МРТ головного мозга. По результатам исследования в обеих гемисферах большого мозга были выявлены множественные извитые глубокие и поверхностные вены. Дополнительно выполнена МСКТ-ангиография сосудов головного мозга. В артериальной фазе отмечено интенсивное заполнение расширенных поверхностных и глубоких вен головного мозга (рис. 8, а, б), расширение поверхностных височных и затылочных артерий с формированием подкожной артериальной сети, проникающей интраоссально в верхний сагиттальный синус (ВСС) (рис. 9).

При поступлении сознание ясное, признаки пирамидной недостаточности в правых конечностях в виде оживления сухожильных рефлексов и координаторные нарушения. При диагностической ЦАГ выявлена полиафферентная, изолированная дуральная артериовенозная фистула в средней трети верхнего сагиттального синуса с источниками питания (помимо выше описанных по данным КТ-ангиографии (рис. 9) из передней и задней оболочечных артерий и ретроградным дренированием в мозговые вены обоих полушарий головного мозга (рис. 10). Выставлен диагноз

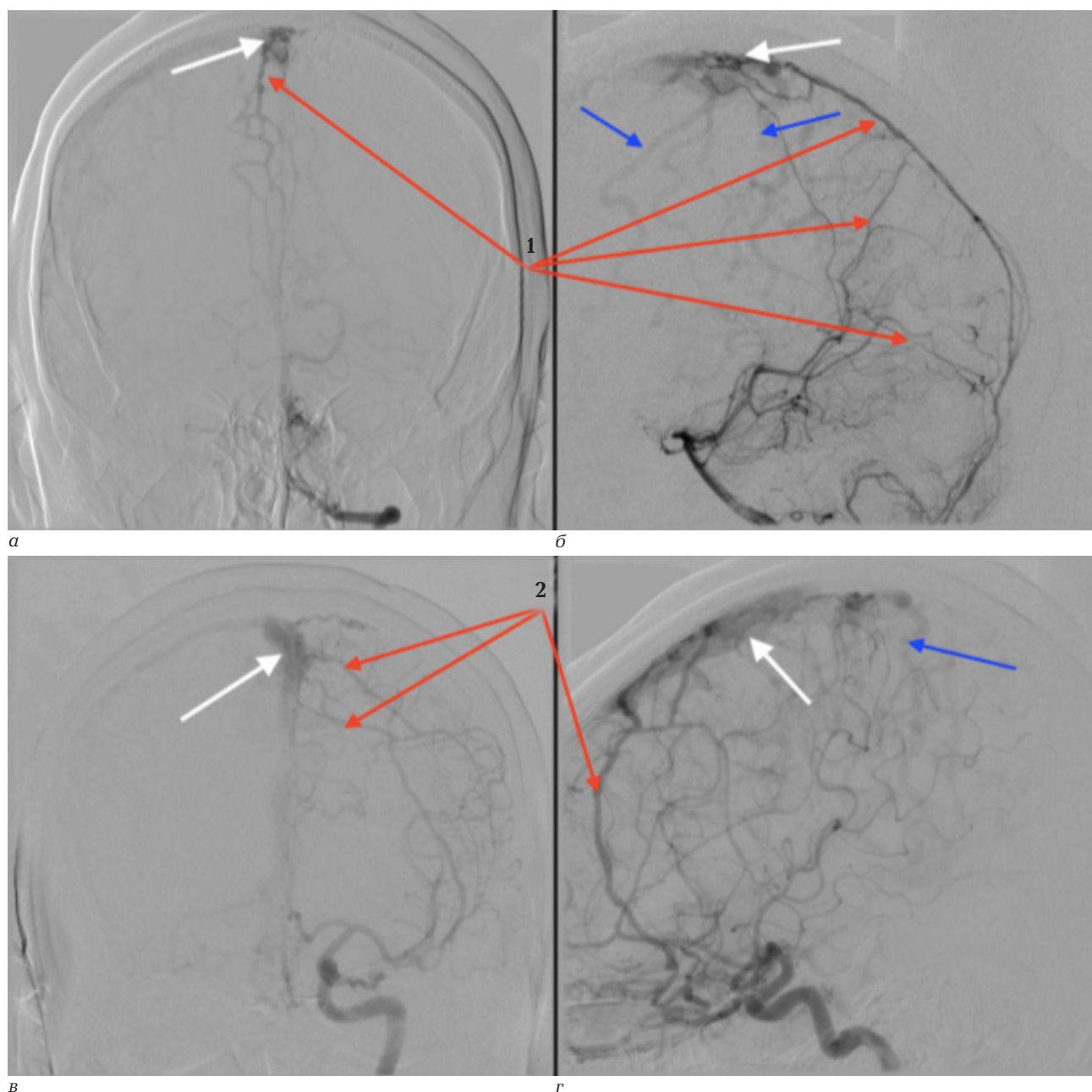


Рис. 10. Селективная церебральная ангиография: *а, б* – фронтальная и сагиттальная проекции ангиографии из вертебро-базиллярного бассейна, 1 – задняя оболочечная артерия и ее ветви; *в, г* – фронтальная и сагиттальная проекции ангиографии из бассейна левой внутренней сонной артерии, 2 – передняя оболочечная артерия и ее ветви. Синие стрелки – лептоминенгиальные вены мозга с ретроградным заполнением. Белые стрелки – проекция изолированной фистулы в проекции верхнего сагиттального синуса

Fig. 10. Selective cerebral angiography: *a, b* – frontal and sagittal projections of angiography from the vertebrobasilar region. 1 – posterior meningeal artery and its branches; *v, g* – frontal and sagittal projections of the left internal carotid artery. 2 – anterior meningeal artery and its branches. Blue arrows - leptomeningeal veins of the brain with retrograde filling. White arrows – projection of the isolated fistula in the projection of the upper sagittal sinus

изолированной дуральной артериовенозной фистулы ВСС. По классификации Cognard III, Borden III.

Первым этапом выполнена частичная ТАЭ. Достигнута эмболизация части трансоссальных артерий и афферентов твердой мозговой оболочки в передней и задней трети ВСС. Учитывая радикальность оперативного вмешательства в виде сохранения функционирующего участка ЦДАВФ ВСС, принято решение о выполнении 2 этапа лечения – открытого разобщения фистулы. Выпол-

нена костно-пластическая трепанация черепа, пересечение питающих артерий из мягких тканей головы и конвекситальных отделов твердой мозговой оболочки вдоль фистулы с двух сторон. В послеоперационном периоде наблюдалась положительная динамика в виде регресса общемозгового синдрома. Через месяц проведена контрольная церебральная ангиография. Отмечалось остаточное заполнение фистулы вдоль серпа мозга, недоступное для эндоваскулярного закрытия и открытого пересечения (рис. 11).

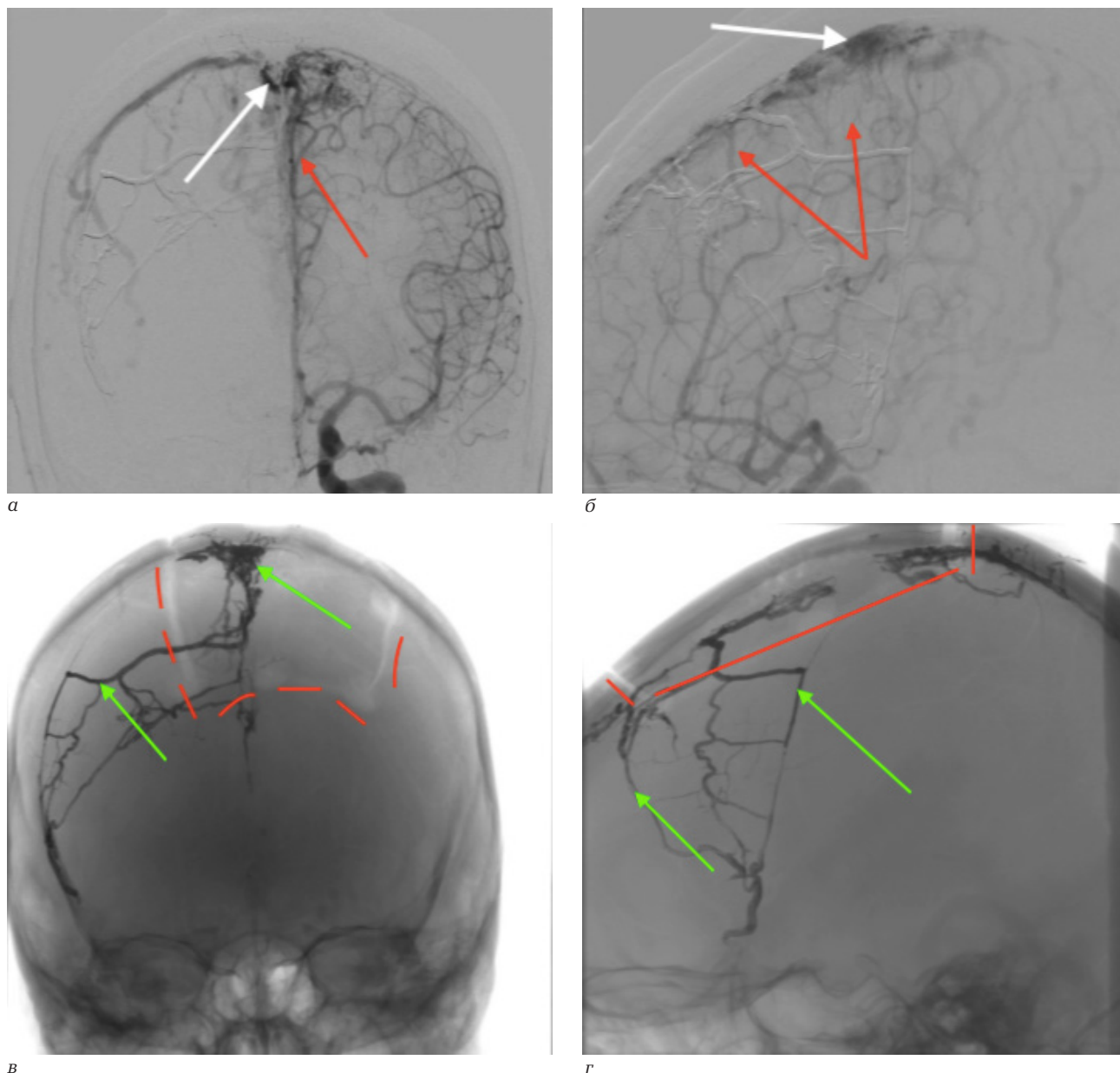


Рис. 11. Селективная церебральная ангиография: *а, б* – фронтальная и сагиттальная проекции ангиографии из бассейна левой внутренней сонной артерии, режим субтракции. Белые стрелки – отмечается заполнение фистулы. Красные стрелки – остаточные афференты, расположенные вдоль большого серпа мозга; *в, г* – фронтальная и сагиттальная проекции ангиографии из бассейна левой внутренней сонной артерии. Зеленые стрелки – рентгенопозитивный эмболизат после эндоваскулярной операции, формирует картину эмболизированных афферентов фистулы. Красным пунктиром отмечен контур трепанации черепа после открытой операции

Fig. 11. Selective cerebral angiography: *а, б* – frontal and sagittal projections of angiography from the left internal carotid artery, subtraction mode. White arrows – the filling of the fistula is noted. Red arrows – residual afferents located along the large sickle of the brain; *в, г* – frontal and sagittal angiography projections of the left internal carotid artery. Green arrows – X-ray positive Onyx after endovascular surgery, forms a picture of embolized fistula afferents. The red dotted line marks the contour of craniotomy after open surgery

Принято решение о выполнении операции в условиях гибридной операционной. Осуществлен открытый доступ к фистуле с последующей эндоваскулярной эмболизацией. С применением интраоперационной рентген- и ультразвуковой навигации после ре-трепанации черепа выполнена пункция верхнего сагиттального синуса венозным катетером в зоне фистулы. При прямой ангиографии катетер позиционирован и зафиксирован в полости ЦДАВФ ВСС. Под рентгеноскопическим контролем выполнена комбинированная эмболизация полости изолированного синуса 5 микро-

спиралями и неадгезивной композицией ONYX. Этапы операции отражены на рис. 12. Наблюдение за пациенткой осуществлялось в течение 2 лет. У пациентки регрессировали общемозговые симптомы, восстановилась память. Выполнена контрольная церебральная ангиография, подтверждена радикальность выполненной операции (рис. 13).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство ЦДАВФ могут быть излечены эндоваскулярно. Наиболее сложные фистулы

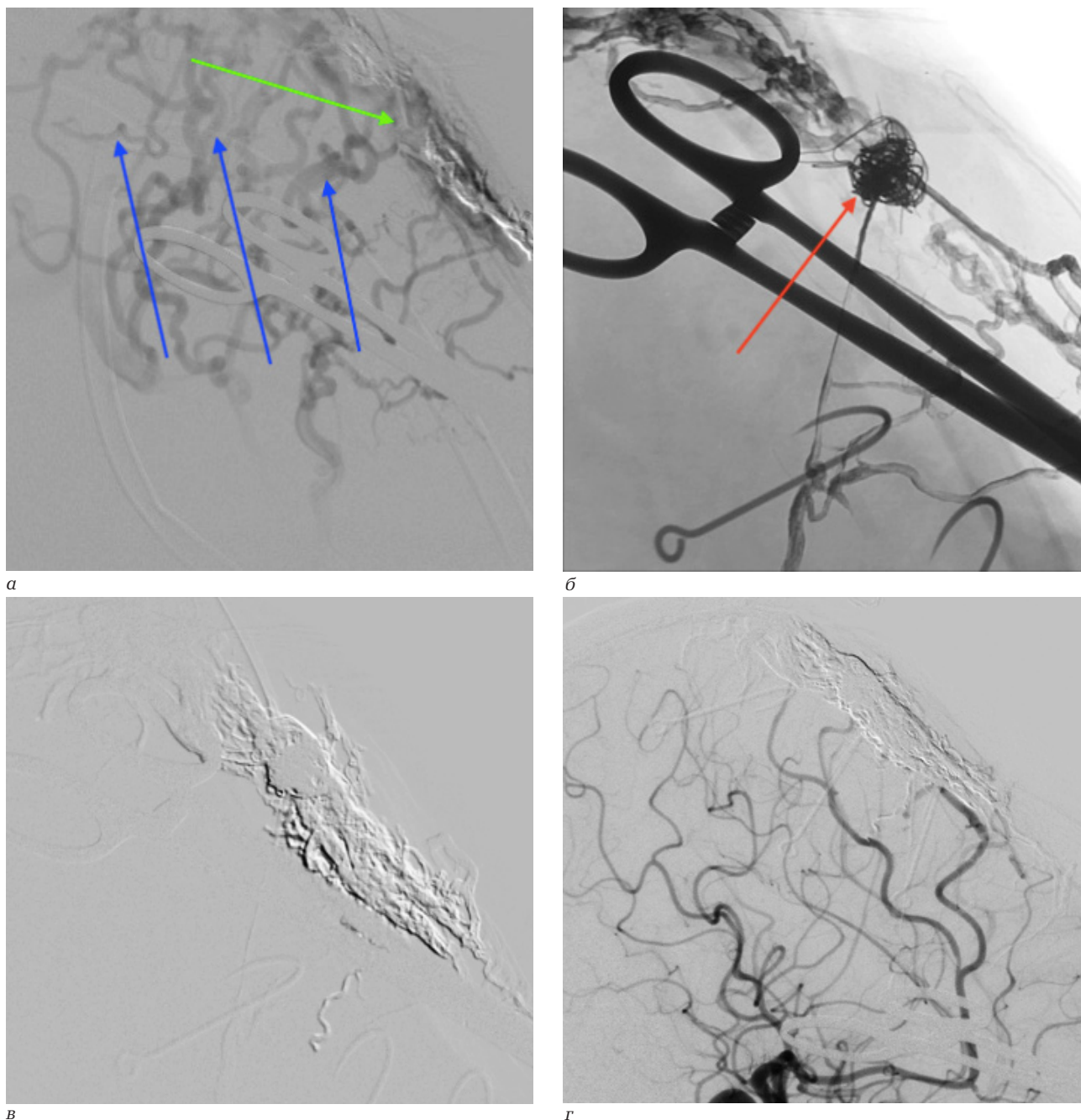


Рис. 12. Этапы эндоваскулярной эмболизации фистулы. Выполнена фистулография: *а* – этап заведения катетера в полость фистулы. Зеленой стрелкой отмечен микрокатетер, позиционированный в полости фистулы. Синие стрелки – ретроградное заполнение вен мозга; *б* – этап заполнения фистулы микроспиральми. Красной стрелкой отмечен клубок микроспиралей в полости фистулы; *в* – результат эмболизации фистулы клеевой композицией Onyx. В режиме субтракции виден контур эмболизированной фистулы; *г* – интраоперационная селективная церебральная ангиография из бассейна левой внутренней сонной артерии. Констатирована радикальность выключения фистулы из кровотока

Fig.12 Stages of endovascular embolization of the fistula. Fistulography was performed: *a* – the stage of inserting the catheter into the fistula cavity. The green arrow marks the microcatheter position in the fistula cavity. Blue arrows – retrograde filling of the brain veins; *б* – the stage of fistula embolization by microcoils. The red arrow marks the tangle of microcoils in the fistula cavity; *в* – the result of fistula embolization with Onyx. In subtraction mode, the contour of the embolized fistula is visible; *г* – intraoperative selective cerebral angiography from the left internal carotid artery. The radical occlusion of the fistula was detected

высокой градации по классификациям Borden и Cognard, особенно изолированного типа, требуют альтернативных методов хирургии. Во 2 примере нашей статьи попытки эндоваскулярной эмболизации и микрохирургической резекции не привели к излечению пациента и только временно облегчили состояние пациента за счет частичного снижения венозного давления. Радикально выключить фи-

стулу из кровотока удалось в гибридной операционной, используя открытую и эндоваскулярную методики одновременно. В литературе информация по данному вопросу представлена на небольшом хирургическом материале с учетом редкости заболевания. Эти немногочисленные исследования подтверждают эффективность гибридной хирургии изолированных ЦДАВФ с одномоментным

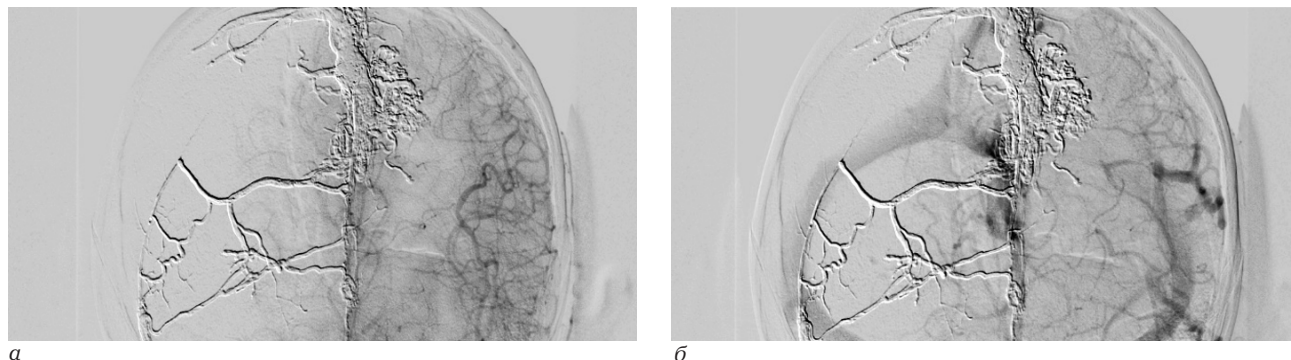


Рис. 13. Диагностическая церебральная ангиография, фронтальная проекция, режим субтракции. Отмечается нормальное заполнение сосудов в артериальной (а) и венозной (б) фазах без видимого контрастирования полости фистулы и ретроградного заполнения вен мозга

Fig. 13. Diagnostic cerebral angiography, frontal projection, subtraction mode. There is a normal filling of the vessels in the arterial (a) and venous (b) phases, without visible contrast of the fistula cavity and retrograde filling of the brain veins

использованием микрохирургического и эндоваскулярного методов [8, 24].

Первые описанные в литературе случаи сочетания открытого доступа с эндоваскулярной эмболизацией сложной фистулы описаны в 1998 г. Японские специалисты использовали портативную рентгеновскую установку для навигации пункции фистулы в условиях стерильной операционной. Затем пациента транспортировали в эндоваскулярную операционную для заключительного этапа лечения — эмболизации фистулы [25]. Последующие опубликованные работы также придерживались принципа использования портативной рентгенологической установки для разметки доступа к фистуле [3, 5, 26]. Необходимость транспортировки пациентов в другую операционную, потеря времени и средств на повторное введение пациента в наркоз и низкое качество получаемых снимков рентгеноскопии на портативных установках могут значительно затян timer процесс операции, что приведет к ухудшению результатов оперативных вмешательств.

За последние годы с появлением новых технологических возможностей в литературе стали описываться первые примеры хирургии сложных дуральных фистул в условиях гибридной операционной. Авторы отмечают преимущество гибридной операционной в том, что выполненный хирургический доступ к фистуле позволяет одновременно выключить фистулу эндоваскулярно без необходимости транспортировки пациента, получать качественную рентгеноскопическую картину на стационарном ангиографическом комплексе, выполнять и неоднократно корректировать расположение эндоваскулярного катетера в полости фистулы в процессе операции под контролем рентгеноскопии [6, 7].

Важной составляющей гибридной хирургии ЦДАВФ является способ навигации для успешного доступа к фистуле. Предложенный способ использования портативной рентгеновской установки [25] имеет основной недостаток — низкое каче-

ство получаемых рентгеноскопических снимков, и в настоящее время не используется. I. M. Caplan et al. [27] предложил с этой целью использовать нейронавигацию, как и M. Bruneau [28], описавший случай использования нейронавигации на основании данных МРТ головного мозга пациента. Регистрация и разметка на нейронавигационной установке предполагаемой локализации фистулы и трепанация черепа проводились в нейрохирургической операционной. Эндоваскулярный этап выполнялся после транспортировки пациента с открытой раной в другую операционную. По нашему мнению, наиболее оптимальным способом разметки места доступа к фистуле является наведение по данным ангиографии, так как оно позволяет локализовать место предполагаемой пункции фистулы в реальном времени с возможностью неоднократной коррекции доступа и не требует дополнительного оборудования. Поскольку данное вмешательство осуществляется в условиях гибридной операционной, как хирургический, так и эндоваскулярный доступы выполняются без транспортировки пациента [29].

В обоих представленных нами случаях перед введением канюли в полость фистулы дополнительно осуществлялся доплеровский контроль с целью уточнения локализации фистулы. Был зарегистрирован артериальный паттерн тока крови, характерный для шунта, что подтвердило правильность выбранной локализации фистулы. Подобный опыт использования доплерографии при гибридной хирургии ЦДАВФ не был описан в литературе.

Наш опыт лечения церебральных дуральных артериовенозных фистул с изолированным сегментом венозного синуса свидетельствует о высокой радикальности гибридного хирургического вмешательства.

ВЫВОДЫ

1. Гибридное (микрохирургическое и эндоваскулярное) хирургическое вмешательство при лечении

«сложных» церебральных дуральных артериовенозных фистул с изолированным сегментом венозного синуса позволяет улучшить исходы лечения за счет высокой радикальности вмешательства.

2. Немаловажными преимуществами использования гибридной операционной являются также сокращение времени на транспортировку пациента в другую операционную, возможность выполнения доступа к фистуле с ренгеноскопической навигацией по данным церебральной ангиографии, а также интраоперационной оценки радикальности вмешательства ангиографическим методом.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Chaichana K. L., Coon A. L., Tamargo R. J. et al.* Dural arteriovenous fistulas: Epidemiology and clinical presentation // *Neurosurg Clin N Am.* – 2012. – Vol. 23, № 1. – P. 7–13. Doi: 10.1016/j.nec.2011.09.001.
2. *Kuwayama N., Kubo M., Endo S. et al.* Present status in the treatment of dural arteriovenous fistulas in Japan // *No Shinkei Geka.* – 2011. – Vol. 20. – P. 12–19. (In Japanese).
3. *Hiramatsu M., Sugiu K., Hishikawa T. et al.* Epidemiology of dural arteriovenous fistula in Japan: analysis of Japanese Registry of Neuroendovascular Therapy (JR-NET2) // *Neurol Med Chir (Tokyo).* – 2014. – Vol. 54, № 1. – P. 63–71. Doi: 10.2176/nmc.st.2013-0172.
4. *Satoshi K., Takashi K., Hiroshi A.* A Comprehensive Analysis of Dural Arteriovenous Fistula Involving the Superior Sagittal Sinus: A Systematic Review // *Journal of Neuroendovascular Therapy.* – 2021. – Vol. 15, № 1. – P. 1–7. Doi: 10.5797/jnet.ra.2020-0085.
5. *Brown R. D., Wiebers D. O., Nichols D. A.* Intracranial dural arteriovenous fistulae: angiographic predictors of intracranial hemorrhage and clinical outcome in nonsurgical patients // *J Neurosurg.* – 1994. – Vol. 81, № 4. – P. 531–8. Doi: 10.3171/jns.1994.81.4.0531.
6. *Cognard C., Houdart E., Casasco A. et al.* Long-term changes in intracranial dural arteriovenous fistulae leading to worsening in the type of venous drainage // *Neuroradiology.* – 1997. – Vol. 39, № 1. – P. 59–66. Doi: 10.1007/s002340050368.
7. *Lanzino G., Jensen M. E., Kongable G. L. et al.* Angiographic characteristics of dural arteriovenous malformations

that present with intracranial hemorrhage // *Acta Neurochir (Wien).* – 1994. – Vol. 129, № 3–4. – P. 140–5. Doi: 10.1007/BF01406493.

8. *van Dijk J. M., ter Brugge K. G., Willinsky R. A. et al.* Clinical course of cranial dural arteriovenous fistulas with long-term persistent cortical venous reflux // *Stroke.* – 2002. – Vol. 33, № 5. – P. 1233–6. Doi: 10.1161/01.str.0000014772.02908.44.

9. *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. – Vol. 194, № 3. – P. 671–80. Doi: 10.1148/radiology.194.3.7862961.

10. *Duffau H., Lopes M., Janosevic V. et al.* Early rebleeding from intracranial dural arteriovenous fistulas: report of 20 cases and review of the literature // *J Neurosurg.* – 1999. – Vol. 90, № 1. – P. 78–84. Doi: 10.3171/jns.1999.90.1.0078.

11. *Zipfel G. J., Shah M. N., Refai D. et al.* Cranial dural arteriovenous fistulas: modification of angiographic classification scales based on new natural history data // *Neurosurg Focus.* – 2009. – Vol. 26, № 5. – P. E14. Doi: 10.3171/2009.2.FOCUS0928.

12. *Paul A. R., Colby G. P., Huang J., Tamargo R. J., Coon A. L.* Selection of treatment modalities or observation of dural arteriovenous fistulas // *Neurosurg. Clin. N. Am.* – 2012. – Vol. 23, № 1. – P. 77–85. Doi: 10.1016/j.nec.2011.09.004.

13. *Xu K., Yang X., Li C., Yu J.* Current status of endovascular treatment for dural arteriovenous fistula of the transverse-sigmoid sinus: A literature review // *Int J Med Sci.* – 2018. – Vol. 15, № 14. – P. 1600–1610. Doi: 10.7150/ijms.27683.

14. *Yongxin Z., Qiang L., Qing-hai H.* Embolization of a superior sagittal sinus dural arteriovenous fistula under intrasinus balloon protection: A case report // *Interv Neuroradiol.* – 2015. – Vol. 21, № 1. – P. 94–100. Doi: 10.15274/INR-2014-10098.

15. *Jittapiromsak P., Ikka L., Benachour N. et al.* Transvenous balloon-assisted transarterial Onyx embolization of transverse-sigmoid dural arteriovenous malformation // *Neuroradiol.* – 2013. – Vol. 55, № 3. – P. 345–350. Doi: 10.1007/s00234-012-1107-8.

16. *Shi Z. S., Loh Y., Duckwiler G. R. et al.* Balloon-assisted transarterial embolization of intracranial dural arteriovenous fistulas // *J Neurosurg.* – 2009. – Vol. 110, № 5. – P. 921–928. Doi: 10.3171/2008.10.JNS08119.

17. *Hiroaki N., Azusa Y., Aoto Sh., Eisuke T. et al.* A minimally invasive approach for the treatment of isolated type intracranial dural arteriovenous fistula in a neurosurgical hybrid operating room // *Interdisciplinary Neurosurgery.* – 2020. – Vol. 21. – P. 1–6. Doi: 10.1016/j.inat.2020.100762.

18. *Bertalanffy A., Dietrich W., Kitz K., Bavinszki G.* Treatment of dural arteriovenous fistulae (dAVF's) at the superior sagittal sinus (SSS) using embolisation combined with micro- or radiosurgery // *Minim Invasive Neurosurg.* – 2001. – Vol. 44, № 4. – P. 205–10. Doi: 10.1055/s-2001-19932.

19. *Soderman M., Edner G., Ericson K., Karlsson B. et al.* Gamma knife surgery for dural arteriovenous shunts: 25 years of experience // *J. Neurosurg.* – 2006. – Vol. 104, № 6. – P. 867–75. Doi: 10.3171/jns.2006.104.6.867.

20. *Koebbe C. J., Singhal D., Sheehan J. et al.* Radiosurgery for dural arteriovenous fistulas // *Surg. Neurol.* – 2005. – Vol. 64, № 5. – P. 392–9. Doi: 10.1016/j.surneu.2004.12.026.

21. *Fong Y. W., Hsu S. K., Huang C. T. et al.* Impact of intraoperative 3-dimensional volume-rendering rotational angiography on clip repositioning rates in aneurysmal surgery // *World Neurosurg.* – 2018. – Vol. 114. – P. 573–580. Doi: 10.1016/j.wneu.2018.03.035.

22. *Armonda R. A., Thomas J. E., Rosenwasser R. H.* The interventional neuroradiology suite as an operating room //

Neurosurg Clin N Am. – 2000. – Vol. 11, № 1. – P. 1–20. Doi: 10.1016/S1042-3680(18)30142-6.

23. Calligaro K. D., Dougherty M. J., Patterson D. E. et al. Value of an endovascular suite in the operating room // *Ann Vasc Surg.* – 1998. – Vol. 12, № 3. – P. 296–298. Doi: 10.1007/s100169900157.

24. Liao C. H., Chen W. H., Lee C. H., Shen S. C., Tsuei Y. S. Treating cerebrovascular diseases in hybrid operating room equipped with a robotic angiographic fluoroscopy system: level of necessity and 5-year experiences // *Acta Neurochir.* – 2019. – Vol. 161, № 3. – P. 611–619. Doi: 10.1007/s00701-018-3769-4.

25. Endo S., Kuwayama N., Takaku A., Nishijima M. Direct packing of the isolated sinus in patients with dural arteriovenous fistulas of the transverse-sigmoid sinus // *J. Neurosurg.* – 1998. – Vol. 88. – P. 449–456. Doi: 10.3171/jns.1998.88.3.0449.

26. Галактионов Д. М., Дубовой А. В., Киселев В. С., Соснов А. О., Овсянников К. С., Перфильев А. М., Черепанов А. В. Комбинированное лечение артериовенозных мальформаций головного мозга с использованием эндоваскулярного и микрохирургического методов // *Вопросы нейрохирургии. Журнал им. Н. Н. Бурденко.* – 2017. – Vol. 81, № 4. – P. 26–32. Doi: 10.17116/neiro201781426-32.

27. Caplan J. M., Kaminsky I., Gailloud P., Huang J. A single burr hole approach for direct transverse sinus cannulation for the treatment of a dural arteriovenous fistula // *J. Neurointerv. Surg.* – 2014. – Vol. 2014. – P. bcr2013011011. Doi: 10.1136/bcr-2013-011011.

28. Bruneau M., Lubicz B., Pirote B. et al. Selective image-guided venous sinus exposure for direct embolization of dural arteriovenous fistula: technical case report // *Surg. Neurol.* – 2008. – Vol. 69, № 2. – P. 192–6. Doi: 10.1016/j.surneu.2006.11.059.

29. Сергеев А. В., Тастанбеков М. М., Савелло А. В. и др. Интраоперационная диагностика сосудистых заболеваний головного мозга в условиях гибридной операционной // *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова.* – 2021. – Vol. 13, № 4. – P. 85–93.

REFERENCES

1. Chaichana K. L., Coon A. L., Tamargo R. J. et al. Dural arteriovenous fistulas: Epidemiology and clinical presentation // *Neurosurg Clin N Am.* 2012;23(1):7–13. Doi: 10.1016/j.nec.2011.09.001.

2. Kuwayama N., Kubo M., Endo S. et al. Present status in the treatment of dural arteriovenous fistulas in Japan // *No Shinkei Geka.* 2011;20:12–19. (In Japanese).

3. Hiramatsu M., Sugi K., Hishikawa T. et al. Epidemiology of dural arteriovenous fistula in Japan: analysis of Japanese Registry of Neuroendovascular Therapy (JR-NET2) // *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2014;54(1):63–71. Doi: 10.2176/nmc.st.2013-0172.

4. Satoshi K., Takashi K., Hiroshi A. A Comprehensive Analysis of Dural Arteriovenous Fistula Involving the Superior Sagittal Sinus: A Systematic Review // *Journal of Neuroendovascular Therapy.* 2021;15(1):1–7. Doi:10.5797/jnet.ra.2020-0085.

5. Brown R. D., Wiebers D. O., Nichols D. A. Intracranial dural arteriovenous fistulae: angiographic predictors of intracranial hemorrhage and clinical outcome in nonsurgical patients // *J Neurosurg.* 1994;81(4):531–8. Doi: 10.3171/jns.1994.81.4.0531.

6. Cognard C., Houdart E., Casasco A. et al. Long-term changes in intracranial dural arteriovenous fistulae leading to worsening in the type of venous drainage // *Neuroradiology.* 1997;39(1):59–66. Doi: 10.1007/s002340050368.

7. Lanzino G., Jensen M. E., Kongable G. L. et al. Angiographic characteristics of dural arteriovenous malformations that present with intracranial hemorrhage // *Acta Neurochir (Wien).* 1994;129(3–4):140–5. Doi: 10.1007/BF01406493.

8. van Dijk J. M., ter Brugge K. G., Willinsky R. A. et al. Clinical course of cranial dural arteriovenous fistulas with long-term persistent cortical venous reflux // *Stroke.* 2002;33(5):1233–6. Doi: 10.1161/01.str.0000014772.02908.44.

9. 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.

10. Duffau H., Lopes M., Janosevic V. et al. Early rebleeding from intracranial dural arteriovenous fistulas: report of 20 cases and review of the literature // *J Neurosurg.* 1999;90(1):78–84. Doi: 10.3171/jns.1999.90.1.0078.

11. Zipfel G. J., Shah M. N., Refai D. et al. Cranial dural arteriovenous fistulas: modification of angiographic classification scales based on new natural history data // *Neurosurg Focus.* 2009;26(5):E14. Doi: 10.3171/2009.2.FOCUS0928.

12. Paul A. R., Colby G. P., Huang J., Tamargo R. J., Coon A. L. Selection of treatment modalities or observation of dural arteriovenous fistulas // *Neurosurg. Clin. N. Am.* 2012;23(1):77–85. Doi: 10.1016/j.nec.2011.09.004.

13. Xu K., Yang X., Li C., Yu J. Current status of endovascular treatment for dural arteriovenous fistula of the transverse-sigmoid sinus: A literature review // *Int J Med Sci.* 2018;15(14):1600–1610. Doi: 10.7150/ijms.27683.

14. Yongxin Z., Qiang L., Qing-hai H. Embolization of a superior sagittal sinus dural arteriovenous fistula under intrasinus balloon protection: A case report // *Interv Neuroradiol.* 2015;21(1):94–100. Doi: 10.15274/INR-2014-10098.

15. Jittapiromsak P., Ikka L., Benachour N. et al. Transvenous balloon-assisted transarterial Onyx embolization of transverse-sigmoid dural arteriovenous malformation // *Neuroradiol.* 2013;55(3):345–350. Doi: 10.1007/s00234-012-1107-8.

16. Shi Z. S., Loh Y., Duckwiler G. R. et al. Balloon-assisted transarterial embolization of intracranial dural arteriovenous fistulas // *J Neurosurg.* 2009;110(5):921–928. Doi: 10.3171/2008.10.JNS08119.

17. Hiroaki N., Azusa Y., Aoto Sh., Eisuke T. et al. A minimally invasive approach for the treatment of isolated type intracranial dural arteriovenous fistula in a neurosurgical hybrid operating room // *Interdisciplinary Neurosurgery.* 2020;21:1–6. Doi: 10.1016/j.inat.2020.100762.

18. Bertalanffy A., Dietrich W., Kitz K., Bavinszki G. Treatment of dural arteriovenous fistulae (dAVF's) at the superior sagittal sinus (SSS) using embolisation combined with micro- or radiosurgery // *Minim Invasive Neurosurg.* 2001;44(4):205–10. Doi: 10.1055/s-2001-19932.

19. Soderman M., Edner G., Ericson K., Karlsson B. et al. Gamma knife surgery for dural arteriovenous shunts: 25 years of experience // *J. Neurosurg.* 2006;104(6):867–75. Doi: 10.3171/jns.2006.104.6.867.

20. Koebe C. J., Singhal D., Sheehan J. et al. Radiosurgery for dural arteriovenous fistulas // *Surg. Neurol.* 2005; 64(5):392–9. Doi: 10.1016/j.surneu.2004.12.026.

21. Fong Y. W., Hsu S. K., Huang C. T. et al. Impact of intraoperative 3-dimensional volume-rendering rotational angiography on clip repositioning rates in aneurysmal surgery // *World Neurosurg.* 2018;114:573–580. Doi: 10.1016/j.wneu.2018.03.035.

22. Armonda R. A., Thomas J. E., Rosenwasser R. H. The interventional neuroradiology suite as an operating room // *Neurosurg Clin N Am.* 2000;11(1):1–20. Doi: 10.1016/S1042-3680(18)30142-6.

23. Calligaro K. D., Dougherty M. J., Patterson D. E. et al. Value of an endovascular suite in the operating room // *Ann Vasc Surg.* 1998;12(3):296–298. Doi: 10.1007/s100169900157.
24. Liao C. H., Chen W. H., Lee C. H., Shen S. C., Tsuei Y. S. Treating cerebrovascular diseases in hybrid operating room equipped with a robotic angiographic fluoroscopy system: level of necessity and 5-year experiences // *Acta Neurochir.* 2019;161(3):611–619. Doi: 10.1007/s00701-018-3769-4.
25. Endo S., Kuwayama N., Takaku A., Nishijima M. Direct packing of the isolated sinus in patients with dural arteriovenous fistulas of the transverse-sigmoid sinus // *J. Neurosurg.* 1998;88:449–456. Doi: 10.3171/jns.1998.88.3.0449.
26. Galaktionov D.M., Dubovoy A. V., Kiselev V. S. et al. Combined treatment of cerebral arteriovenous malformations using endovascular and microsurgical methods // *Problems of neurosurg.* N. N. Burdenko. 2017;81(4):26–32. Doi: 10.17116/neiro201781426-32.
27. Caplan J. M., Kaminsky I., Gailloud P., Huang J. A single burr hole approach for direct transverse sinus cannulation for the treatment of a dural arteriovenous fistula // *J. Neurointerv. Surg.* 2014;2014:bcr2013011011. Doi: 10.1136/bcr-2013-011011.
28. Bruneau M., Lubicz B., Pirotte B. et al. Selective image-guided venous sinus exposure for direct embolization of dural arteriovenous fistula: technical case report // *Surg. Neurol.* 2008;69(2):192–6. Doi: 10.1016/j.surneu.2006.11.059.
29. Sergeev A. V., Tastanbekov M. M., Savello A. V. et al. Intraoperative diagnostics of vascular diseases of the brain in a hybrid operating room // *The russian neurosurgical journal named after prof. A. L. Polenov.* 2021;13(4):85–93. (In Russ.).

Информация об авторах

Сергеев Андрей Владимирович, кандидат медицинских наук, врач высшей категории, врач-нейрохирург отделения нейрохирургии № 2 клиники хирургии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-7603-5838; **Кискаев Айгази Исламович**, аспирант кафедры нейрохирургии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-6936-3040; **Савелло Александр Викторович**, профессор кафедры нейрохирургии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-1680-6119; **Чемурзиева Фатима Алихановна**, врач-нейрохирург, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-1461-0286; **Чербилло Владислав Юрьевич**, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой нейрохирургии, руководитель отдела нейрохирургии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-6803-9954.

Information about authors

Sergeev Andrei V., Cand. of Sci. (Med), Doctor of the Highest Category, Neurosurgeon of the Neurosurgical Department № 2 of Surgery Clinic, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-7603-5838; **Kiskaev Aigazi I.**, Postgraduate Student of the Department of Neurosurgery, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-6936-3040; **Savello Aleksander V.**, Professor of the Department of Neurosurgery, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-1680-6119; **Chemurzieva Fatima A.**, Neurosurgeon, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-1461-0286; **Cherebillo Vladislav Yu.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Neurosurgery, Head of Neurosurgical Department, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-6803-9954.