

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ ГИБРИДНОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ

А.В. Сергеев¹, В.Ю. Чербилло¹, А.В. Савелло², Ф.А. Чемурзиева¹

¹ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России; Россия, 197022 Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6–8;

²ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России; Россия, 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6

Контакты: Андрей Владимирович Сергеев md-sergeev@mail.ru

Введение. Хирургическое лечение сложной сосудистой патологии нервной системы остается актуальной проблемой, требующей применения комбинаций различных технологий. Использование гибридной операционной позволяет сочетать одновременно или последовательно микрохирургические и эндоваскулярные методы хирургии, что может улучшить исходы лечения.

Цель работы – улучшение результатов хирургического лечения пациентов с сосудистой патологией головного мозга с помощью возможностей гибридной операционной.

Материалы и методы. Оперативные вмешательства проводились в гибридной операционной с применением эндоваскулярных и микрохирургических методов лечения следующих сосудистых патологий головного мозга: сложных дуральных фистул, сложных аневризм, артериовенозных мальформаций. В зависимости от характера патологии применяли разные виды хирургического вмешательства: гибридный, комбинированный, этапный.

Результаты. За 5 лет в гибридной операционной прооперирован 41 пациент, из них 33 – с артериовенозными мальформациями, 6 – со сложными аневризмами, 2 – со сложными дуральными фистулами. Комбинированные вмешательства выполнены у 27 больных, этапные – у 12, гибридные – у 2. В соответствии с модифицированной шкалой Рэнкина (Modified Rankin Scale, mRS) отмечены следующие исходы операций: осложнений не было в случаях сложных аневризм (6 пациентов) – mRS 0 (баллов), а также дуральных фистул (2 пациента) – mRS 0 (баллов); при артериовенозной мальформации головного мозга у 30 больных не было осложнений – mRS 0; возникли разного вида осложнения у 3 – mRS 1.

Заключение. Совмещение микрохирургических и эндоваскулярных способов лечения в гибридной операционной позволяет сочетать положительные свойства этих методов в соответствии с потребностями хирургического этапа лечения, что улучшает исходы нейрохирургических вмешательств при сложной невровазкулярной патологии.

Ключевые слова: гибридная операционная, сосудистая нейрохирургия, комбинированная хирургия, артериовенозная мальформация, сложная аневризма, сложная дуральная фистула

Для цитирования: Сергеев А.В., Чербилло В.Ю., Савелло А.В., Чемурзиева Ф.А. Хирургическое лечение сосудистых заболеваний головного мозга в условиях гибридной операционной. Нейрохирургия 2022;24(4):12–21. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-4-12-21

Surgical treatment of cerebrovascular diseases in a hybrid operating room

A. V. Sergeev¹, V. Yu. Cherebillo¹, A. V. Savello², F. A. Chemurzieva¹

¹Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University; 6–8 Lva Tolstogo St., Saint Petersburg 197022, Russia;

²Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia; 6 Akademika Lebedeva St., Saint Petersburg 194044, Russia

Contacts: Andrey Vladimirovich Sergeev md-sergeev@mail.ru

Background. Surgical treatment of complex neurovascular pathology remains an important problem requiring use of a combination of various techniques. Utilization of a hybrid operating room allows to simultaneously or sequentially combine microsurgical and endovascular surgical methods which can improve treatment outcomes.

Aim. To improve surgical treatment of patients with cerebrovascular pathology by utilizing the capabilities of a hybrid operating room.

Materials and methods. Surgical interventions were performed in a hybrid operating room with a combination of endovascular and microsurgical methods for treating the following cerebrovascular pathologies: complex dural fistulas, complex aneurysms, arteriovenous malformations. The type of surgical intervention – hybrid, combined, staged – was chosen in accordance with the nature of the pathology.

Results. In 5 years, 41 patients underwent surgery in the hybrid operating room. Among them, 33 patients had arteriovenous malformations, 6 had complex aneurysms, 2 had complex dural fistulas. Combination interventions were performed in 27 patients, staged – in 12, hybrid – in 2. According to the Modified Rankin Scale (mRS) the following outcomes were observed: no complications in cases of complex aneurysms (6 patients) – mRS 0 (points), as well as in cases of dural fistulas (2 patients) – mRS 0 (points); in arteriovenous malformation, 30 patients did not have any complications – mRS 0; 3 patients had complications (of different types) – mRS 1.

Conclusions. The combination of microsurgical and endovascular methods of treatment in a hybrid operating room allows to combine the positive features of the two methods in accordance with surgical needs which improves the outcomes of neurosurgical interventions in complex neurovascular pathology.

Keywords: hybrid operating room, vascular neurosurgery, combined surgery, complex dural fistula, complex aneurysm, arteriovenous malformation

For citation: Sergeev A.V., Cherebillo V.Yu., Savello A.V., Chemurzieva F.A. Surgical treatment of cerebrovascular diseases in a hybrid operating room. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;24(4):12–21. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-4-12-21

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время эффективными методами лечения в сосудистой нейрохирургии считают микрохирургию (МХ) и эндоваскулярную хирургию (ЭХ) [1, 2]. В наиболее сложных случаях требуется одномоментное или последовательное использование данных методик, поскольку комплексный подход позволяет оптимизировать решение задач, которые невозможно или затруднительно выполнить одним из методов. В соответствии с российскими Клиническими рекомендациями «Диагностика и лечение артериовенозных мальформаций центральной нервной системы» (27.11.2014) и Клиническими рекомендациями по лечению «сложных» аневризм головного мозга (14.10.2015) предпочтительно наличие интегрированной/гибридной операционной с возможностью одномоментного или последовательного выполнения открытого и эндоваскулярного вмешательств. Традиционный подход состоит в том, что случаи, требующие комбинации данных методик, предполагают проведение оперативного вмешательства с разными анестезиологическими пособиями и в разных операционных, что значительно усложняет и затягивает процесс лечения. Для совмещения методик целесообразно использовать гибридную операционную, с оснащением, позволяющим выполнять эндоваскулярные и МХ-операции последовательно или одномоментно, не прибегая к транспортировке пациента в другую операционную и пролонгации наркоза [3–7]. Таким образом объединение усилий микро- и эндоваскулярных хирургов в одной операционной, при наиболее сложных вариантах cerebrovascular заболеваний, минимизирует недостатки каждого из методов, улучшает исходы заболеваний, что подтверждается проведенными исследованиями [8–13].

Целесообразно использовать возможности гибридной операционной при развитии таких интраоперационных осложнений, как разрыв церебральных анев-

ризм (ЦА), артериовенозных мальформаций (АВМ), когда необходимо быстро сменить метод хирургии, а задержки по времени могут значительно ухудшить исходы лечения. Авторы описывают эффективность и благоприятные исходы при быстрой смене вида хирургического вмешательства в гибридной операционной при интраоперационных разрывах ЦА и АВМ головного мозга [7, 11, 14, 15].

В данной статье представлены собственные результаты хирургического лечения cerebrovascular заболеваний с описанием клинических случаев, а также разработанная классификация вмешательств в гибридной операционной в зависимости от способа сочетания хирургических методов.

Цель работы – улучшение результатов хирургического лечения пациентов с сосудистой патологией головного мозга с помощью возможностей гибридной операционной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гибридная операционная, где в стерильных условиях можно проводить различные виды открытых вмешательств, оборудована многоосевым роботизированным ангиографическим комплексом и операционным столом с рентген-негативной декой для проведения этапа ЭХ. Интеллектуальная система позиционирования роботизированной С-дуги позволяет получить высококачественные изображения двумерной ЦА практически в любой проекции, а также интраоперационно выполнить 3D-ангиографию и плоскодетекторную компьютерную томографию (КТ). Оснащение гибридной операционной позволяет перемещать С-дугу в различные парковочные положения, освобождая дополнительное пространство для доступа к пациенту.

При лечении сложных дуральных фистул (ДФ) выполнялся нейрохирургический доступ непосредственно к полости фистулы: трепанация черепа с последующей

пункцией полости ДФ, обеспечивающей проведение эндоваскулярного микрокатетера и разобщение фистулы.

На 1-м этапе лечения сложных ЦА формировали обходной анастомоз. На 2-м (после оценки потенциала шунта с использованием баллон-окклюзирующего теста (БОТ) с манометрией и ангиографической оценкой состояния коллатералей, электрофизиологическим мониторингом) — проводилась деструктивная окклюзия ЦА и/или несущей артерии, если возникала такая необходимость.

При хирургическом лечении АВМ на 1-м этапе выполнялась частичная эндоваскулярная эмболизация. На 2-м — проводилось МХ-удаление АВМ с последующей контрольной церебральной ангиографией для оценки результата операции.

В зависимости от характера патологии выбирался вид хирургического вмешательства.

- **I тип — гибридная операция:** совместное и одновременное применение МХ и ЭХ, с использованием единичного наркоза; вид вмешательств в этой группе планируется до операции;
- **II тип — комбинированная:** выполнение операций в одно анестезиологическое пособие с последовательным использованием МХ и ЭХ; могут быть различные анестезиологические пособия, однако единичное применение наркоза снижает риски осложнений;
- **III тип — этапная:** разделение на этапы ЭХ и МХ, могут быть различные анестезиологические пособия; в этой группе вмешательств совместное использование 2 методик в одно анестезиологическое пособие не будет давать преимуществ.

Распределение операций по типу хирургического вмешательства на II и III выполнялось предварительно, до оперативного вмешательства, на основании данных нейровизуализации, а окончательно — на основании результатов 1-го этапа лечения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

За 5 лет работы в гибридной операционной выполнено 41 оперативное вмешательство: 33 — при АВМ головного мозга, 6 — по поводу ЦА, 2 — сложных ДФ (табл. 1).

При гибридных вмешательствах (I тип) было 2 случая сложных ДФ. Из 33 случаев с АВМ: 25 больных прооперировано комбинированным (II) и 8 — этапным (III) способом. Из 6 случаев сложных ЦА: 4 — комбинированное (II), 2 — этапное (III) лечение.

В табл. 2 представлены исходы хирургического вмешательства. В послеоперационном периоде среди оперированных сложных ЦА и ДФ осложнений не было. Результаты операций по поводу АВМ согласно модифицированной шкале Рэнкина различны:

- нет осложнений (mRS 0) — у 30 пациентов с АВМ головного мозга;

- незначительные осложнения, не влияющие на качество жизни (mRS 1) — у 3 пациентов с АВМ;
- транзиторный гемипарез, который регрессировал к моменту выписки, — у 1 пациента после удаления АВМ центральных извилин;
- интраоперационный разрыв АВМ на стадии эндоваскулярной эмболизации — у 1 пациента; внутримозговая гематома и мальформация были одномоментно удалены; в послеоперационном периоде у больного развился гемипарез (4 балла), на фоне восстановительной терапии наблюдалась положительная динамика в виде частичного регресса гемипареза до 3 баллов;
- частичная утрата полей зрения в виде квадрантной гемианопсии — у 1 пациента.

Таблица 1. Распределение операций в зависимости от типа комбинации методик

Table 1. Distribution of operations per surgery combinations

Патология Pathology	Число операций Number of operations		
	I тип (гибридные) Type I (hybrid)	II тип (комбинированные) Type II (combination)	III тип (этапные) Type III (staged)
АВМ AVM	—	25	8
Сложные ЦА Complex CAs	—	2	4
ДФ DF	2	—	—
<i>Всего</i> <i>Total</i>	2	27	12

Примечание. АВМ — артериовенозная мальформация; ЦА — церебральная аневризма; ДФ — дуральная фистула.
Note. AVM stands for arteriovenous malformation; CAs — cerebral aneurysm; DF — dural fistula.

Таблица 2. Исходы оперативных вмешательств по модифицированной шкале Рэнкина

Table 2. Outcomes of surgical interventions per the Modified Rankin Scale

Патология Pathology	mRS 0	mRS 1
АВМ AVM	30	3
Сложные ЦА Complex CAs	6	—
ДФ DF	2	—
<i>Всего</i> <i>Total</i>	38	3

Примечание. См. примечания к табл. 1.
Note. See Note for Table 1.

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР 1

Пациентка, 42 лет, жаловалась на нарастающие головные боли. По данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга выявлена гигантская, частично тромбированная ЦА левой средней мозговой артерии (СМА) (рис. 1). По данным ангиографии, проведенной с помощью мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), и предоперационной селективной церебральной ангиографии сосудов головного мозга определены следующие основные особенности структуры ЦА (рис. 2, 3):

- отхождение передней височной артерии (ПВА) от М1-сегмента левой СМА до мешка ЦА, который располагался на боковой стенке СМА;
- из полости ЦА отходила долхозектатически расширенная теменная ветвь (М2-сегмент), которая далее значительно сужалась.

Поскольку ЦА имела гигантский размер и тромбированный характер и могли быть затруднения при МХ и ЭХ, принято решение об использовании гибридной операции. С учетом структурных особенностей ЦА (патологическое расширение теменного ствола с последующим выраженным стенозом, предположительно удовлетворительные коллатерали между бассейнами СМА и передней мозговой артерией (ПМА), кровоснаб-

жение функционально важной зоны левой височной доли посредством ПВА) рассматривался вариант треппинга М1-сегмента с сохранением передней височной ветви и полным исключением из кровотока мешка ЦА с теменной ветвью. Планировалась интраоперационная оценка коллатерального кровоснабжения мозга с использованием методики БОТ. В случае недостаточного коллатерального кровоснабжения предполагалось наложение анастомоза в бассейн теменного ствола СМА.

В условиях гибридной операции под общей анестезией 1-м этапом выполнены церебральная ангиография, БОТ, подтвердивший удовлетворительный коллатеральный кровоток между бассейнами ПМА и СМА, и интраоперационный нейрофизиологический мониторинг: снижения двигательных потенциалов не обнаружено (рис. 3 б, в). Выявленные данные позволили избежать проведения шунтирующей операции. Птериональная костно-пластическая трепанация черепа с последующим МХ-треппингом М1-сегмента СМА с сохранением ПВА позволили исключить из кровотока ЦА и патологически измененный теменный ствол. На заключительном этапе операции выполнена контрольная церебральная ангиография. Визуализация показала, что ЦА не контрастировалась, кровоток в лобной, теменной, височной и затылочной долях был достаточный за счет анастомоза,

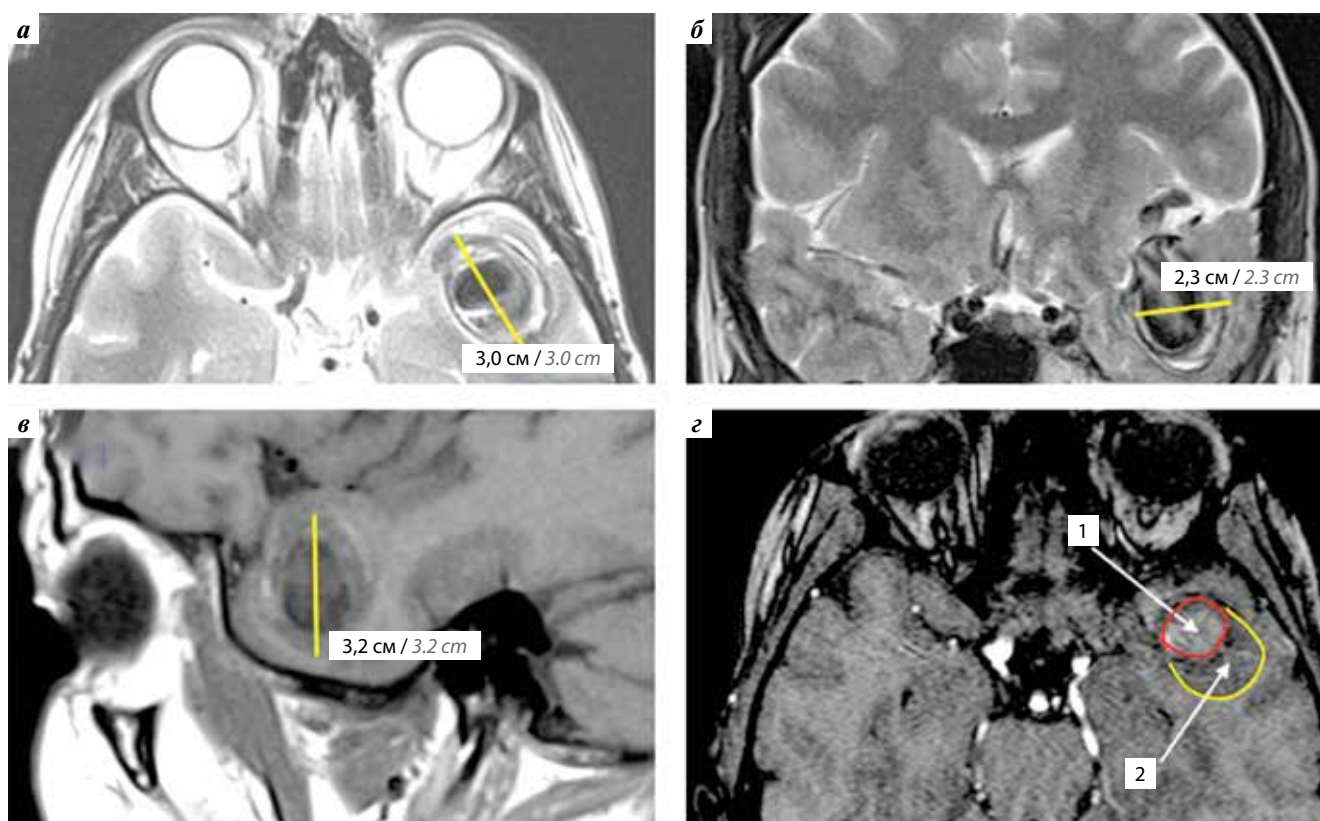


Рис. 1. МРТ головного мозга: а – аксиальная проекция, T2-режим; б – фронтальная проекция, T2-режим; в – сагиттальная проекция, T1-режим; г – МР-ангиография, TOF-режим; 1 – контрастируемая часть церебральной аневризмы (ЦА); 2 – тромбированная часть ЦА

Fig. 1. MRI of the brain: а – axial projection, T2; б – frontal projection, T2-weighted; в – sagittal projection, T1-weighted; г – MR angiography, TOF; 1 – contrasted part of the cerebral aneurysm (CA); 2 – thrombosed part of the CA

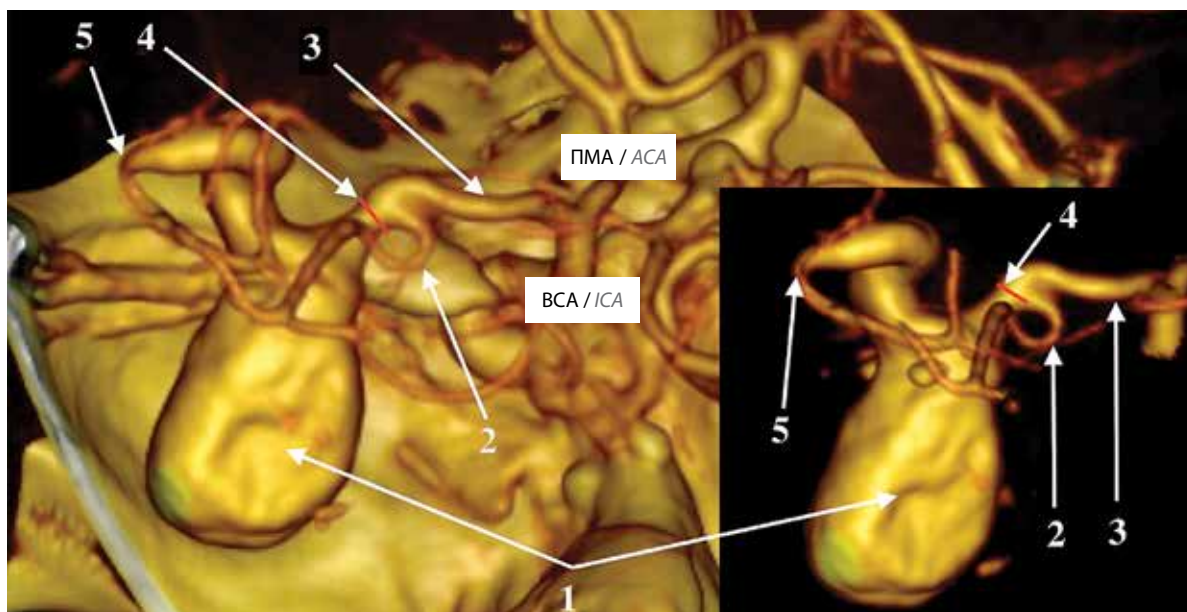


Рис. 2. МСКТ-ангиография сосудов головного мозга: ПМА — передняя мозговая артерия; ВСА — внутренняя сонная артерия; 1 — контрастируемая часть мешка церебральной аневризмы (ЦА); 2 — передняя височная артерия (ПВА); 3 — M1-сегмент левой средней мозговой артерии (СМА); 4 — место предполагаемого треппинга M1-сегмента СМА; 5 — теменной ствол СМА со значительным стенозом

Fig. 2. SCT-angiography of cerebral vasculature: ACA — anterior cerebral artery; ICA — internal carotid artery; 1 — contrasted part of the cerebral aneurysm (CA); 2 — anterior temporal artery; 3 — M1-segment of the left middle cerebral artery (MCA); 4 — site of the planned trapping of the MCA M1-segment; 5 — parietal trunk of the MCA with significant stenosis

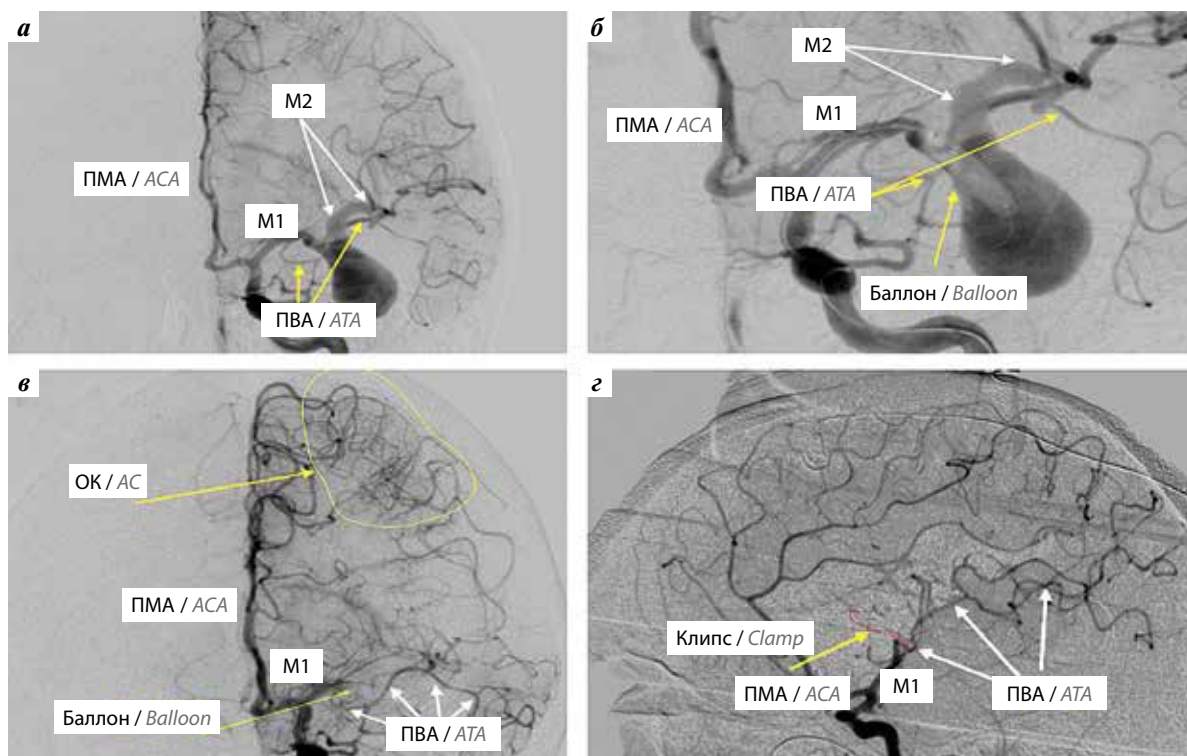


Рис. 3. Церебральная ангиография: а — предоперационная селективная церебральная ангиография, прямая проекция; б — церебральная ангиография, заведен баллон с неполной окклюзией M1-сегмента средней мозговой артерии (СМА); в — оценка коллатерального кровотока в момент баллон-окклюзии СМА; г — контрольная церебральная ангиография после клипирования церебральной аневризмы (ЦА); ПМА — передняя мозговая артерия; M1, M2 — сегменты СМА; ПВА — передняя височная артерия; ОК — область коллатералей между ПМА и СМА

Fig. 3. Cerebral angiography: а — preoperative cerebral angiography, frontal projection; б — intraoperative balloon occlusion test; в — assessment of collateral blood flow after balloon occlusion of the middle cerebral artery (MCA); г — control cerebral angiography after aneurysm clipping; ACA — anterior cerebral artery; M1, M2 — segments of the MCA; ATA — anterior temporal artery; AC — the area of collaterals between the ATA and MCA

а удовлетворительное кровоснабжение левой височной доли — за счет ПВА (рис. 3 г). Послеоперационный период протекал без осложнений, неврологический статус — на дооперационном уровне (mRS 0). Случай отнесен к II типу комбинированного оперативного вмешательства.

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР 2

Пациенту в 2012 г. выполнена частичная эндоваскулярная эмболизация АВМ, после чего развились генерализованные судорожные приступы. На фоне медикаментозной терапии приступы полностью не купировались. По данным обследования выявлена АВМ правой лобной доли (более 5 см) в функционально значимой области за счет компрессии колена мозолистого тела (рис. 4) с афферентами из бассейнов правых ПМА, СМА, поверх-

ностным и глубоким сбросом в верхний, поперечный, прямой и кавернозный синусы, базальные вены (рис. 5 а, б). По классификации Spetzler—Martin (учитывается размер АВМ, ее локализация по отношению к функционально важным зонам мозга и особенности дренирования крови), АВМ относится к III градации (SM).

На 1-м этапе АВМ была частично эндоваскулярно эмболизирована через доступные наиболее крупные афференты правых СМА и ПМА с использованием неадгезивной клеевой композиции Опух (рис. 5 в). Наблюдалось значительное уменьшение потока крови в узле и замедление кровотока в наиболее крупной вене мальформации. Сохранялось заполнение АВМ через мелкие ветви ПМА и СМА справа, недоступные для эндоваскулярной эмболизации. Учитывая те факты, что было невозможно

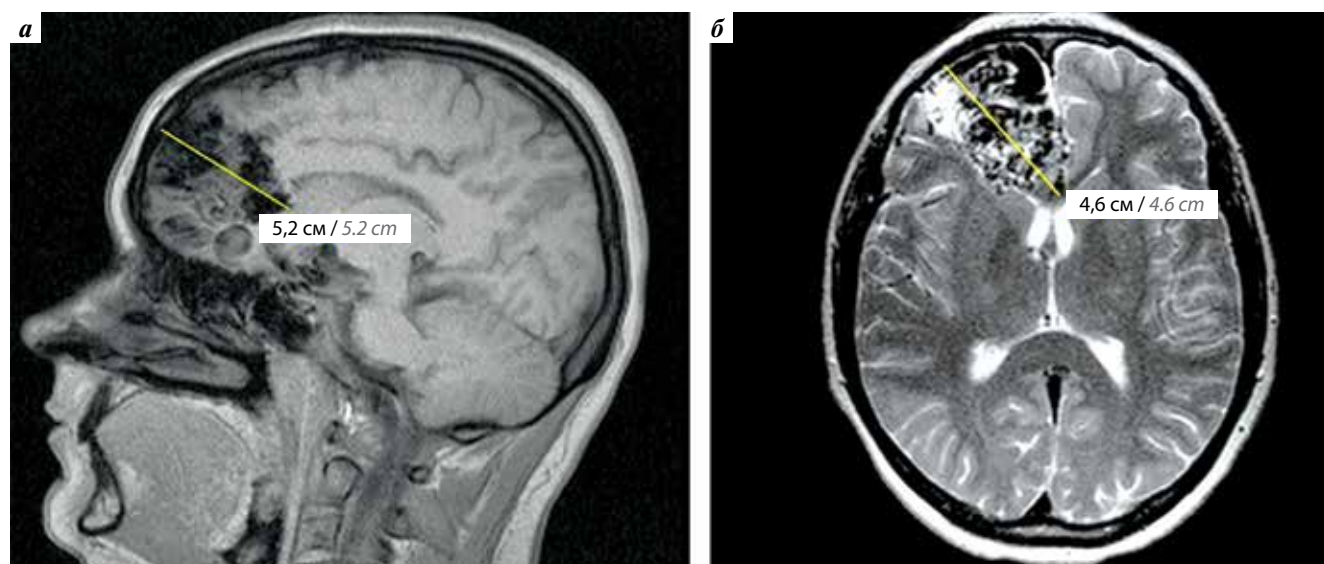


Рис. 4. МРТ головного мозга: а — сагиттальная проекция, T1-режим; б — аксиальная проекция, T2-режим

Fig. 4. Brain MRI: а — sagittal projection, T1-weighted; б — axial projection, T2-weighted

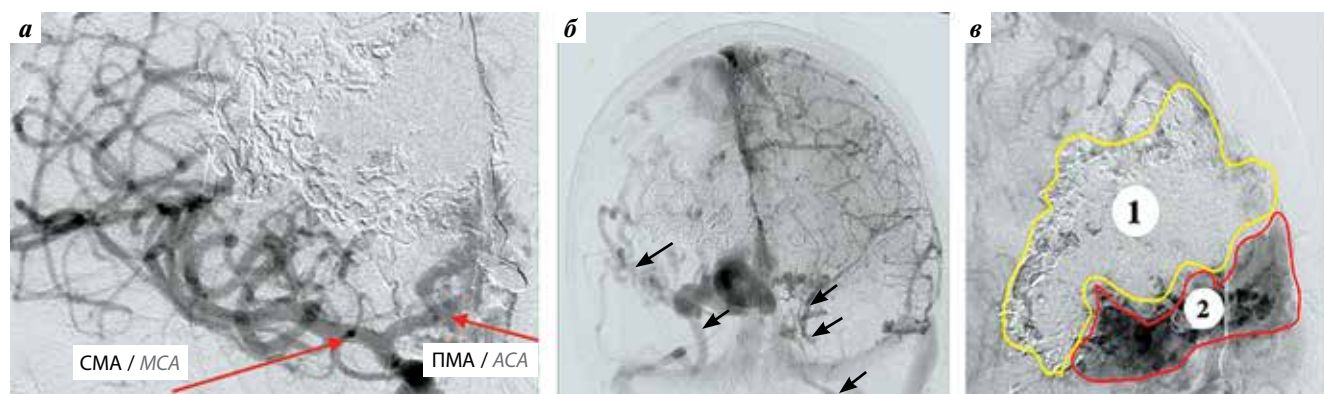


Рис. 5. Селективная церебральная ангиография: а — прямая проекция, артериальная фаза; б — прямая проекция, венозная фаза (стрелки — дренирующие вены артериовенозной мальформации (АВМ)); в — эмболизированная и заполняемая части АВМ; СМА — средняя мозговая артерия; ПМА — передняя мозговая артерия; 1 — эмболизированная часть АВМ; 2 — контрастируемая часть АВМ

Fig. 5. Selective cerebral angiography: а — frontal projection of the arterial phase; б — frontal projection of the venous phase (arrows show draining veins of the arteriovenous malformation (AVM)); в — embolized and filled parts of the AVM; MCA — middle cerebral artery; ACA — anterior cerebral artery; 1 — embolized part of the AVM; 2 — contrasted part of the AVM

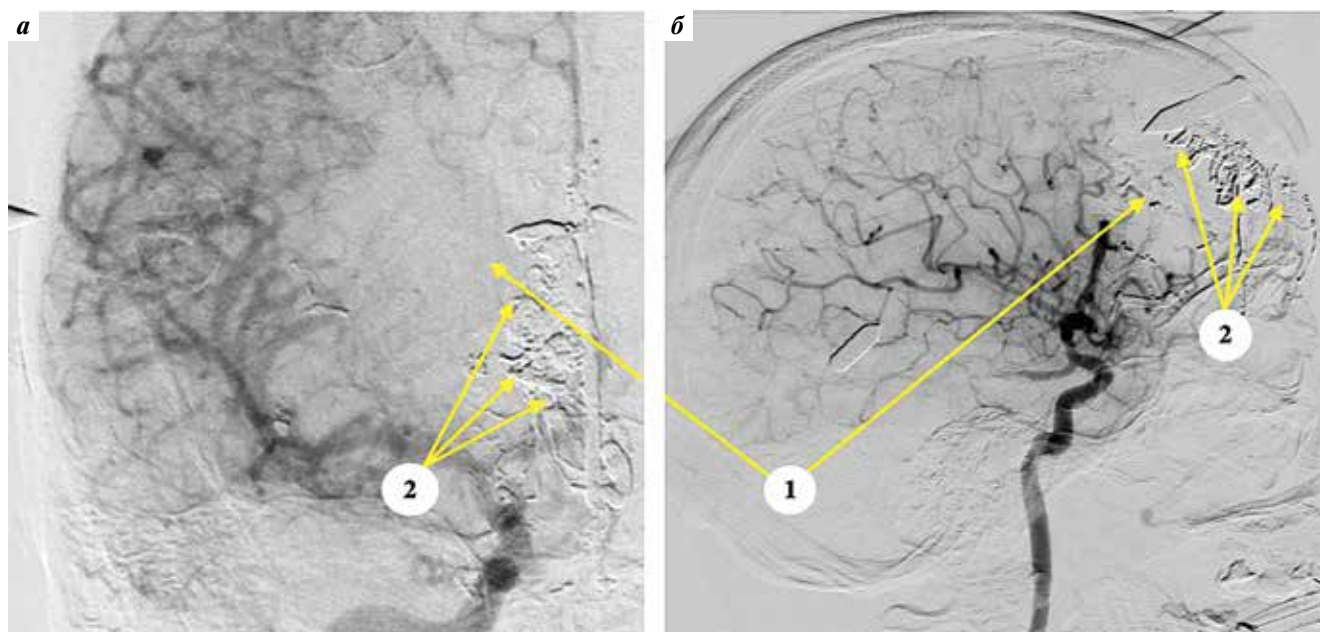


Рис. 6. Интраоперационная, контрольная церебральная ангиография: а – прямая проекция; б – боковая проекция; 1 – бессосудистая область удаленной артериовенозной мальформации (АВМ); 2 – остаточные части эмболизата

Fig. 6. Intraoperative control cerebral angiography: а – frontal projection; б – lateral projection; 1 – avascular area of the removed arteriovenous malformation (AVM); 2 – residual parts of the embolizate

достичь поставленных целей путем ЭХ (тотальной эмболизации мелких афферентов АВМ) и мы обладали достаточным временем для осуществления МХ-лечения, принято решение о МХ-удалении АВМ. Без транспортировки в другую операционную, в одиночное анестезиологическое пособие мальформация тотально МХ-удалена, затем провели контрольную церебральную ангиографию, подтвердившую радикальность операции (рис. 6). Послеоперационный период протекал без осложнений, неврологический статус пациентки был на дооперационном уровне (mRS 0). Данный случай отнесли к типу II комбинированного оперативного вмешательства.

ОБСУЖДЕНИЕ

При хирургическом лечении нейрососудистой патологии используется эндоваскулярный или микрохирургический метод. Существует ряд патологий, требующих комбинированного подхода с использованием ЭХ и МХ. Недостатком совмещения этих методик служит необходимость в транспортировке пациента в другую операционную и повторное введение пациента в наркоз [16–19]. Использование гибридной операционной позволяет выполнять комбинацию ЭХ и МХ без этих недостатков [9, 12, 13].

Основная задача комбинированной хирургии в гибридной операционной при сложных ЦА состояла в том, чтобы максимально снизить риски осложнений за счет сочетания наложения обходных сосудистых анастомозов с последующим эндоваскулярным исключением ЦА или несущего сосуда после БОТ. Алгоритм действий при комбинации 2 методик лечения сложных

ЦА разработан и подробно описан М.Т. Lawton и соавт. [19, 20]. В работе S.C. Shen и соавт. оперативные вмешательства были распределены на несколько дней и выполнялись в разных операционных, с разными анестезиологическими пособиями, что могло повысить риски тромбоза анастомоза [21].

В серии операций сложных ЦА в гибридной операционной нашей клиники часть комбинированных вмешательств выполнена в единственное анестезиологическое пособие, что позволило провести контрольные исследования интраоперационно, предотвратить возможный тромбоз, сократить риски повторных наркозов [22]. Задача комбинированного удаления АВМ головного мозга в гибридной операционной состояла в снижении интраоперационного риска кровотечения из АВМ благодаря частичной эндоваскулярной эмболизации перед МХ-удалением. Похожие задачи решались в различных работах в клиниках Швейцарии и России [9, 23]. В одном случае среди наших операций произошел интраоперационный разрыв АВМ при эндоваскулярной эмболизации. Поскольку не было необходимости транспортировать пациента в другую операционную, удалось эвакуировать внутримозговую гематому и резецировать АВМ без необходимости такой транспортировки. Специалисты клиники в Японии [21] отметили возможность смены ЭХ на МХ при интраоперационном разрыве АВМ в момент эндоваскулярной эмболизации, что может значительно улучшить исход хирургического лечения.

Большинство ДФ может быть эффективно и малоинвазивно прооперировано эндоваскулярно [24].

Однако в тех случаях, когда отсутствует эндоваскулярный доступ и невозможно МХ-удаление, единственным вариантом лечения ДФ становится гибридное вмешательство. Различные авторы отмечают преимущество гибридной операционной, когда выполненный МХ-доступ к ДФ позволяет одновременно выключить фистулу эндоваскулярно [12, 15, 21, 22].

Вопрос планирования объема и вида оперативного вмешательства в гибридной операционной в зависимости от степени сложности нейроваскулярной патологии недостаточно освещен в научной литературе. Так, авторы распределили оперированных пациентов на группы комбинированного вмешательства, вспомогательных методик и стереотаксические операции [15]. Задача данной классификации — определение случаев, когда необходимо использовать гибридную операционную.

Нами разработан иной алгоритм распределения вида операций на группы с целью стандартизации выбора тактики лечения пациентов с нейрососудистой патологией. В зависимости от вариантов сочетания хирургических методик в лечении было выделено 3 типа хирургического лечения: I — гибридное, II — комбинированное, III — этапное.

I тип — гибридные операции: МХ и ЭХ выполняются в 1 анестезиологическое пособие одновременно, а разделение на этапы или выполнение по отдельности невозможно. Вид оперативного вмешательства в этой группе планировался до оперативного лечения, на основании изучения материалов нейровизуализации и анамнеза пациента. В нашей серии при лечении сложной ДФ после безуспешных попыток МХ-удаления и эндоваскулярной эмболизации применен гибридный подход. После МХ-доступа вводился эмболизат непосредственно в полость фистулы на открытом мозге.

II тип — комбинированная хирургия: МХ и ЭХ выполнялись в 1 анестезиологическое пособие, что повысило эффективность лечения, снизило риски осложнений. В данной группе решение о виде вмешательства принималось до операции на основании данных нейровизуализации и окончательно определялось во время операции. Интраоперационно оценивалось время, затраченное на 1-й вид хирургии, а также оценивалась степень выполнения запланированного объема вмешательства. Примером, относящимся к данному (II) типу, может служить случай хирургии АВМ, представленный в данной статье (пример 2). После этапа ЭХ выявлено значительное уменьшение потока

крови в теле АВМ, замедление тока в основной дренажной вене, отсутствие доступа, необходимого для тотальной эмболизации АВМ. В этой ситуации были высокие риски разрыва АВМ в случае этапного лечения. Оптимальным решением сочли МХ-удаление, которое повысило эффективность операции со снижением рисков разрыва АВМ в период между операциями, снизило нагрузки повторных наркозов, облучения пациента и введения контрастного вещества.

III тип — этапные вмешательства: операции в одно анестезиологическое пособие не влияли на эффективность лечения. Примером может служить случай сложной АВМ головного мозга IV градации (SM). Хотя изначально планировалось тотальное удаление АВМ в 1 анестезиологическое пособие, но продолжительность этапа ЭХ составила более 3 ч, поэтому запланированная цель уменьшения потока крови в АВМ не была достигнута. Сохранились риски интраоперационного кровотечения при МХ. Продолжение эмболизации могло затянуть время операции и привести к утомлению персонала. Через 7 дней 2-м этапом провели завершение эмболизации и радикальное удаление АВМ.

Для облегчения предоперационного планирования нами разработана данная классификация. Для планирования сочетанных операции различного типа требуется продолжить исследования с накоплением большего операционного материала. Далее можно будет разработать оптимальный алгоритм распределения пациентов по типам лечения, выбрать до операции параметры включения, что также может ускорить процесс принятия решения, повысить эффективность лечения, улучшить исходы и снизить расходы на материальные и человеческие ресурсы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комбинирование МХ и ЭХ в гибридной операционной позволяет сочетать их положительные свойства: малоинвазивность эндоваскулярного метода и радикальность микрохирургического. Лечение в гибридной операционной позволяет расширить возможности интраоперационной визуализации и мониторинга. Распределение операций на типы сочетанных вмешательств позволит стандартизировать предоперационное планирование, что сократит время на принятие решений, улучшит исходы нейрохирургических вмешательств. Требуется накопление большего количества материала для проведения более глубокого сравнительного анализа методов лечения в разных операционных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Campos J.K., Lien B.V., Wang A.S., Lin L.M. Advances in endovascular aneurysm management: coiling and adjunctive devices. *J Stroke Vasc Neurol* 2020;5(1):14–21. DOI: 10.1136/svn-2019-000303
- Luzzi S., del Maestro M., Galzio R. Microneurosurgery for paraclinoid aneurysms in the context of flow diverters. *J Acta Neurochir Suppl* 2021;132:47–53. DOI: 10.1007/978-3-030-63453-7_7
- 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:e573–80. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.03.035
- 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
- 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):296–8. DOI: 10.1007/s100169900157
- ten Cate G., Fosse E., Hol P.K. et al. Integrating surgery and radiology in one suite: a multicenter study. *J Vasc Surg* 2004;40(3):494–9. DOI: 10.1016/j.jvs.2004.06.005
- Dammann Ph., Jagersberg M., Kulcsar Z. et al. Clipping of ruptured intracranial aneurysms in a hybrid room environment – a case-control study. *Acta Neurochir (Wien)* 2017;159(7):1291–8. DOI: 10.1007/s00701-017-3212-2
- Mori R., Yuki I., Kajiura I. et al. Hybrid operating room for combined neuroendovascular and endoscopic treatment of ruptured cerebral aneurysms with intraventricular hemorrhage. *World Neurosurg* 2016;89:727.e9–12. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.01.010
- Gruter B.E., Mendelowitsch I., Diepers M. et al. Combined endovascular and microsurgical treatment of arteriovenous malformations in the hybrid operating room. *World Neurosurg* 2018;117:e204–14. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.05.241
- Лукшин В.А., Усачев Д.Ю., Пронин И.Н. и др. Критерии эффективности хирургической реваскуляризации головного мозга у больных с хронической церебральной ишемией. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2016;80(2):53–62. DOI: 10.17116/neiro201680253-62
- Lukshin V.A., Usachev D.Yu., Pronin I.N. et al. Criteria of the efficacy of surgical brain revascularization in patients with chronic cerebral ischemia. *Zhurnal voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2016;80(2):53–62. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro201680253-62
- 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:e573–80. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.03.035
- Liao C.H., Chen W.H., Lee C.H. Treating cerebrovascular diseases in hybrid operating room equipped with a robotic angiographic fluoroscopy system: level of necessity and 5-year experiences. *Acta Neurochir (Wien)* 2019;161(3):611–9. DOI: 10.1007/s00701-018-3769-4
- Sergeev A., Savello A., Cherebillo V. et al. Sequential approach of internal maxillary-to-middle cerebral artery bypass and endovascular occlusion for giant middle cerebral artery aneurysm: a case report. *Egypt J Neurol Psychiatry Neurosurg* 2021;57:35. DOI: 10.1186/s41983-021-00288-2
- Murayama Y., Saguchi T., Ishibashi T. et al. Endovascular operating suite: future directions for treating neurovascular disease. *J Neurosurg* 2006;104(6):925–30. DOI: 10.3171/jns.2006.104.6.925
- Jeon H.J., Lee J.Y., Cho B.M. et al. Four-year experience using an advanced interdisciplinary hybrid operating room: potentials in treatment of cerebrovascular disease. *J Korean Neurosurg Soc* 2019;62(1):35–45. DOI: 10.3340/jkns.2018.0203
- Vinuela F., Dion J.E., Duckwiler G. et al. Combined endovascular embolization and surgery in the management of cerebral arteriovenous malformations: experience with 101 cases. *J Neurosurg* 1991;75(6):856–64. DOI: 10.3171/jns.1991.75.6.0856
- Дубовой А.В., Овсянников К.С., Мойсак Г.И. Сложная аневризма М1-сегмента левой средней мозговой артерии – случай успешного лечения. *Нейрохирургия* 2016;2:47–51. DOI: 10.17650/1683-3295-2016-0-2-47-51
- Dubovoi A.V., Ovsyannikov K.S., Moiseyev G.I. Complex aneurysm of M1 segment of left middle cerebral artery – the case of successful treatment. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2016;2:47–51. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2016-0-2-47-51
- Галактионов Д.М., Дубовой А.В., Киселев В.С. и др. Комбинированное лечение артериовенозных мальформаций головного мозга с использованием эндоваскулярного и микрохирургического методов. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2017;81(4):26–32. DOI: 10.17116/neiro201781426-32
- Galaktionov D.M., Dubovoy A.V., Kiselev V.S. et al. Combination treatment of cerebral arteriovenous malformations using endovascular and microsurgical techniques. *Zhurnal voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2017;81(4):26–32. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro201781426-32
- Lawton M.T., Quinones-Hinojosa A., Sanai N. et al. Combined microsurgical and endovascular management of complex intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 2008;62(6 Suppl 3):1503–15. DOI: 10.1227/01.neu.0000333814.02649.a0
- Murayama Y., Arakawa H., Ishibashi T. et al. Combined surgical and endovascular treatment of complex cerebrovascular diseases in the hybrid operating room. *J Neurointerv Surg* 2013;5(5):489–93. DOI: 10.1136/neurintsurg-2012-010382
- Shen S.C., Tsuei Y.S., Chen W.H., Shen C.C. Hybrid surgery for dural arteriovenous fistula in the neurosurgical hybrid operating suite. *BMJ Case Rep* 2014;2014(2):bcr2013011060. DOI: 10.1136/bcr-2013-011060
- 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. профессора А.Л. Поленова* 2021;13(4):85–93.
- Sergeev A.V., Tastanbekov M.M., Savello A.V. et al. Intraoperative diagnostics of vascular diseases of the brain in a hybrid operating room. *Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal im. professora A.L. Polenova = Russian Neurosurgical Journal named after professor A.L. Polenov* 2021;13(4):85–93. (In Russ.).
- Шехтман О.Д., Маряшев С.А., Элиава Ш.Ш. и др. Комбинированное лечение артериовенозных мальформаций головного мозга. Опыт НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н.Бурденко. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2015;79(4):4–18. DOI: 10.17116/neiro20157944-18
- Shekhtman O.D., Maryashev S.A., Eliava S.H. et al. Combined treatment of cerebral arteriovenous malformations. Experience of the Burdenko Neurosurgical Institute. *Zhurnal voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2015;79(4):4–18. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro20157944-18
- Dabus G., Kan P., Diaz C. et al. Endovascular treatment of anterior cranial fossa dural arteriovenous fistula: a multicenter series. *J Neuroradiology* 2021;63(5):259–66. DOI: 10.1007/s00234-020-02536-3

Вклад авторов

А.В. Сергеев: сбор и обработка материала, написание текста, статистическая обработка данных;
В.Ю. Черebilло: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование статьи;
А.В. Савелло: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование статьи;
Ф.А. Чемурзиева: сбор и обработка материала.

Author's contribution

A.V. Sergeev: obtaining data for analysis, article writing, data statistical analysis;
V.Yu. Cherebillo: research idea and design of the study, editing of the article;
A.V. Savello: research idea and design of the study, editing of the article;
F.A. Chemurzieva: obtaining data for analysis.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.В. Сергеев / A.V. Sergeev: <https://orcid.org/0000-0002-7603-5838>
В.Ю. Черebilло / V.Yu. Cherebillo: <https://orcid.org/0000-0001-6803-9954>
А.В. Савелло / A.V. Savello: <https://orcid.org/0000-0002-1680-6119>
Ф.А. Чемурзиева / F.A. Chemurzieva: <https://orcid.org/0000-0002-1461-0286>

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. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.
Compliance with patient rights and principles of bioethics. All patients gave written informed consent to participate in the study.