АНГИОПЛАСТИКА ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ СО СТЕНТ-АССИСТЕНЦИЕЙ ПРИ СИМПТОМНОМ ВАЗОСПАЗМЕ

М.Ю. Володюхин^{1,2}, Н.Г. Шаяхметов¹, А.Г. Алексеев^{1,2}, В.И. Данилов^{1,2}

¹ГАОУЗ «Межрегиональный клинико-диагностический центр»; Россия, 420101 Республика Татарстан, Казань, ул. Карбышева, 12а;

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 420012 Республика Татарстан, Казань, ул. Бутлерова, 49

Контакты: Михаил Юрьевич Володюхин voloduckin@mail.ru

Цель работы — представить клинические наблюдения, демонстрирующие возможности нового метода лечения церебрального вазоспазма — ангиопластики церебральных артерий со стент-ассистенцией, а также обобщить данные научной литературы о результатах подобных операций.

Материалы и методы. С января 2017 г. по май 2019 г. в Межрегиональном клинико-диагностическом центре (Казань) прошли лечение 117 пациентов с субарахноидальным кровоизлиянием в остром периоде. Клипирование выполнено у 59 пациентов, эндоваскулярная окклюзия — у 58. Вазоспазм различной степени тяжести по данным транскраниальной доплерографии выявлен у 115 (98,2 %) пациентов. Ангиопластика церебральных артерий со стент-ассистенцией с применением стента-ретривера pRESET (Phenox, Германия) выполнена у 3 пациентов с рефрактерным к медикаментозной терапии вазоспазмом.

Результаты. После ангиопластики со стент-ассистенцией у всех пациентов наблюдалось снижение линейной скорости кровотока по данным транскраниальной доплерографии и регресс неврологической симптоматики. Осложнений, связанных с выполнением вмешательства, не наблюдали.

Выводы. Ангиопластика церебральных артерий с применением стент-ретриверных технологий может рассматриваться как дополнительный вариант лечения симптомного вазоспазма в остром периоде субарахноидального кровоизлияния.

Ключевые слова: субарахноидальное кровоизлияние, церебральная аневризма, вазоспазм, ангиопластика, стент-ретривер

Для цитирования: Володюхин М.Ю., Шаяхметов Н.Г., Алексеев А.Г., Данилов В.И. Ангиопластика церебральных артерий со стент-ассистенцией при симптомном вазоспазме. Нейрохирургия 2020;22(4):53–60.

DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-4-53-60

Stent-assisted angioplasty of cerebral arteries for the treatment symptomatic vasospasm

M. Yu. Volodyukhin^{1,2}, N. G. Shaiakhmetov¹, A. G. Alekseev^{1,2}, V. I. Danilov^{1,2}

¹Interregional Clinical Diagnostic Center; 12a Karbysheva St., Kazan, Republic of Tatarstan 420101, Russia;

²Kazan State Medical University; 49 Butlerova St., Kazan, Republic of Tatarstan 420012, Russia

The objective is to describe clinical observations and literature data of possibility of using stent retriever technologies as a new treatment for cerebral vasospasm.

Materials and methods. In the period from January 2017 to May 2019, 117 patients in the acute period of subarachnoid hemorrhage were treated at the Interregional Clinical Diagnostic Center (Kazan). Clipping was performed in 59 patients, endovascular occlusion in 58 patients. Vasospasm of varying severity estimated according to transcranial Doppler ultrasonography was observed in 115 (98.2 %) patients. Stent-assisted angioplasty was performed in three patients with vasospasm refractory to medical therapy using stent-retriever pRESET (Phenox, Germany).

Results. The clinical efficacy of stent-assisted angioplasty with decreasing in speed indicators according to transcranial Doppler ultrasonography and neurological symptoms was achieved in all patients. No complications were observed.

Conclusion. Stent-assisted angioplasty of cerebral arteries using stent retriever technologies is an additional option for the treatment symptomatic vasospasm in the acute period of subarachnoid hemorrhage.

Key words: subarachnoid hemorrhage, cerebral aneurysm, vasospasm, angioplasty, stent retriever

For citation: Volodyukhin M. Yu., Shaiakhmetov N. G., Alekseev A. G., Danilov V. I. Stent-assisted angioplasty of cerebral arteries for the treatment symptomatic vasospasm. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2020;22(4):53–60. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Развитие вазоспазма — основная причина ухудшения состояния пациентов или летального исхода после субарахноидального кровоизлияния (САК) [1]. Медикаментозное лечение (индуцированная гипертензия) в настоящее время рассматривается как метод первого выбора для лечения вазоспазма. При неэффективности медикаментозной терапии применяют эндоваскулярные методы: химическую и/или баллонную ангиопластику.

В данной работе описаны клинические случаи применения нового метода лечения церебрального вазоспазма — ангиопластики церебральных артерий со стент-ассистенцией, а также обобщены данные научной литературы об эффективности этого метода.

С января 2017 г. по май 2019 г. в Межрегиональном клинко-диагностическом центре (Казань) прошли лечение 117 пациентов с САК в остром периоде. Клипирование выполнено у 59 пациентов, эндоваскулярная окклюзия — у 58. Вазоспазм различной степени тяжести по данным транскраниальной доплерографии (ТКДГ) выявлен у 115 (98,2 %) пациентов. У 16 (13,6 %) пациентов была проведена химическая ангиопластика. У 3 пациентов с рефрактерным к медикаментозной терапии и химической ангиопластике вазоспазмом была выполнена ангиопластика церебральных артерий с применением стента-ретривера rRESET (Phenox, Германия).

Ангиопластику со стент-ассистенцией проводили под местной анестезией. Для профилактики тромбоэмболических осложнений пациентам назначали ацетилсалициловую кислоту в насыщающей дозе (300 мг), во время вмешательства осуществляли гепаринизацию (100 ЕД/кг). После установки церебрального проводникового катетера диаметром 6 Fr за зону спазмированной церебральной артерии заводили микрокатетер с внутренним диаметром 0,021 дюйма. По микрокатетеру заводили стент-ретривер rRESET (Phenox) диаметром 6 мм и длиной 30 мм. Дистальный отдел стента-ретривера расправляли с применением стандартной техники «стягивания» микрокатетера со стента-ретривера, проксимальные 2/3 стента-ретривера расправляли с применением push-техники. После имплантации стента-ретривера выполняли медленную инфузию разведенного нимодипина в дозе 1–2 мг в просвет проводникового катетера. Длительность имплантации стента-ретривера составляла 6–7 мин. Сворачивание стента-ретривера осуществляли стандартным способом — путем «натягивания» микрокатетера на стент-ретривер.

После удаления микрокатетера выполняли контрольную ангиографию в стандартных проекциях.

В послеоперационном периоде пациенту назначали ацетилсалициловую кислоту в дозе 100 мг/сут и нимодипин в дозе 1–2 мг/ч с последующим переходом на прием препарата в форме таблеток по 60 мг 6 раз в сутки.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 1

Пациент Я., 36 лет, госпитализирован на 2-е сутки от начала заболевания с диагнозом: острое САК, разрыв аневризмы правой внутренней сонной артерии (ВСА), II степень тяжести по шкале Hunt–Hess. При компьютерной томографии (КТ) выявлено массивное САК, III степени по шкале Fisher. В день поступления выполнена церебральная ангиография и эмболизация аневризмы параклиноидного сегмента левой ВСА (рис. 1а).

В послеоперационном периоде проводили стандартную медикаментозную терапию (инфузионную, церебропротективную, антибактериальную, терапию гастропротекторами, нестероидными противовоспалительными средствами, терапию сопутствующих заболеваний).

На 5-е сутки от начала заболевания по данным ТКДГ было зарегистрировано резкое суточное увеличение скоростных показателей — более чем на 50 см/с, что стало показанием к выполнению церебральной ангиографии и химической ангиопластики.

При ангиографии выявлен умеренный спазм сегмента М1–М2 правой средней мозговой артерии (СМА) (рис. 1б). Выполнена химическая ангиопластика. Подробно техника проведения химической ангиопластики была описана нами ранее [2].

Через 48 ч в связи с отсутствием эффекта от первой химической ангиопластики процедура была повторена (рис. 1в). На 8-е сутки от начала заболевания у пациента зарегистрировано увеличение линейной скорости кровотока (ЛСК) по СМА до 200 см/с, транзиторные эпизоды парестезии левой руки и дизартрии (рис. 1г).

Ввиду нарастания ЛСК по СМА, рефрактерного к медикаментозной терапии, химической ангиопластике, а также ввиду появления начальных признаков ишемии головного мозга принято решение о проведении механической ангиопластики церебральных артерий со стент-ассистенцией (рис. 1д).

На контрольной ангиограмме после удаления стента-ретривера наблюдается увеличение диаметра просвета ранее спазмированного сегмента М1–М2 СМА (рис. 1е). В послеоперационном периоде наблюдалось стойкое снижение ЛСК по СМА (рис. 2). Пациент выписан без признаков неврологического дефицита на 18-е сутки.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 2

Пациентка И., 56 лет, госпитализирована с клинической картиной САК в 1-е сутки от начала заболевания. Тяжесть САК по шкале Hunt–Hess соответствовала II степени.

При КТ выявлено массивное САК с паренхиматозным компонентом (IV степени по шкале Fisher) (рис. 3а). Выполнена церебральная ангиография с одномоментной эмболизацией аневризмы офтальмического сегмента правой ВСА (рис. 3б, в).

В послеоперационном периоде пациентка проходила стандартную терапию, рекомендованную пациентам

Рис. 1. Инструментальное обследование пациента Я.: а — церебральная ангиография после эмболизации аневризмы правой внутренней сонной артерии; б — церебральная ангиография на 5-е сутки с момента развития острого субарахноидального кровоизлияния. Умеренный спазм сегмента М1 правой средней мозговой артерии (СМА); в — церебральная ангиография на 7-е сутки от начала заболевания. Выраженный спазм сегмента М1 левой СМА (стрелки); г — церебральная ангиография на 8-е сутки от начала заболевания. Критический спазм сегмента М1 СМА (стрелки); д — краниография после имплантации стента-ретривера (стрелками отмечены его проксимальный и дистальный отделы); е — церебральная ангиография после выполнения ангиопластики со стент-ассистенцией. Визуализировано увеличение диаметра просвета сегмента М1 СМА (стрелки)

Fig. 1. Imaging of the patient Я.: а — cerebral angiography after embolization of an aneurysm of the right internal carotid artery; б — cerebral angiography on day 5 after development of acute subarachnoid hemorrhage. Moderate spasm of the M1 segment of the right middle cerebral artery (MCA); в — cerebral angiography on day 7 after disease onset. Pronounced spasm of the M1 segment of the left MCA (arrows); г — cerebral angiography on day 8 after disease onset. Critical spasm of the M1 segment of the MCA (arrows); д — craniography after stent retriever implantation (arrows show its proximal and distal segments); е — cerebral angiography after angioplasty with stent assistance. Increased diameter of the MCA M1 segment lumen is visualized (arrows)

Рис. 2. Динамика линейной скорости кровотока по средней мозговой артерии у пациента Я. с острым субарахноидальным кровоизлиянием (по данным транскраниальной доплерографии). Зелеными стрелками отмечены дни проведения химической ангиопластики, красной стрелкой — день проведения ангиопластики со стент-ассистенцией

Fig. 2. Linear blood flow dynamics in the middle cerebral artery in a patient Я. with acute subarachnoid hemorrhage (per transcranial Doppler ultrasonography data). Green arrows show days of chemical angioplasty, red arrow — day of angioplasty with stent assistance

с САК. По данным ТКДГ выявлено прогрессирующее увеличение ЛСК по СМА, которая достигла на 5-е сутки 190 см/с, что стало показанием к выполнению химической ангиопластики (рис. 3д).

При ТКДГ, проведенной на следующий день, зарегистрирован дальнейший рост ЛСК по СМА до 208 см/с, в связи с чем процедура химической ангиопластики повторена.

При следующей контрольной ТКДГ выявлен прогрессирующий рост ЛСК до 230 см/с. Через 6 ч после ТКДГ при неврологическом осмотре у пациентки наблюдались речевые нарушения, усугубившиеся в течение 2 ч до степени тотальной афазии. При магнитно-резонансной томографии, выполненной по неотложным показаниям (в режиме DWI), обнаружены очаги ишемического

Рис. 3. Инструментальное обследование пациентки И.: а — компьютерная томография при поступлении. Массивное субарахноидальное кровоизлияние с parenхиматозным компонентом (IV степени по шкале Fisher); б — церебральная ангиография при поступлении. Мешотчатая аневризма офтальмического сегмента внутренней сонной артерии (размером 12 мм); в — церебральная ангиография после эмболизации. Субтотальное выключение аневризмы (II степени по классификации Raymond—Roy); г — магнитно-резонансная томография в режиме DWI. Гиперденсные очаги в проекции прецентральной извилины и затылочной доли; д — церебральная ангиография на 5-е сутки от начала заболевания. Умеренный спазм сегмента M1 средней мозговой артерии (СМА); е — церебральная ангиография на 7-е сутки от начала заболевания. Выраженный спазм сегмента M1 СМА (стрелки); ж — церебральная ангиография после выполнения ангиопластики со стент-ассистенцией. Значительное увеличение диаметра просвета сегмента M1 СМА (стрелки)

Fig. 3. Imaging of the patient I.: а — computed tomography at admission. Massive subarachnoid hemorrhage with parenchymatous component (Fisher IV); б — cerebral angiography at admission. Saccular aneurysm of the ophthalmic segment of the internal carotid artery (size 12 mm); в — cerebral angiography after embolization. Subtotal aneurysm occlusion (Raymond—Roy 2); г — DWI magnetic resonance imaging. Hyperdense foci in the projection of the precentral gyrus and occipital lobe; д — cerebral angiography on day 5 after disease onset. Moderate spasm of the M1 segment of the right middle cerebral artery (MCA); е — cerebral angiography on day 7 after disease onset. Pronounced spasm of the M1 segment of the MCA (arrows); ж — cerebral angiography after angioplasty with stent assistance. Significantly increased diameter of the MCA M1 segment lumen (arrows)

повреждения головного мозга в проекции прецентральной извилины и затылочной доли (рис. 3г). В режиме FLAIR патологии не выявлено.

Ввиду наличия признаков несформировавшихся очагов ишемии (несоответствие данных МРТ, полученных в режимах DWI и FLAIR) принято решение о выполнении механической ангиопластики со стент-ассистенцией. Операция проведена под местной анестезией. При церебральной ангиографии выявлен критический спазм сегмента M1 СМА (рис. 3е). С применением стента-ретривера rRESET диаметром 6 мм и длиной 30 мм выполнена ангиопластика левой СМА.

При контрольной церебральной ангиографии визуализировано значительное расширение просвета сегмента M1 левой СМА (рис. 3ж). После завершения вмешательства у пациентки наблюдался регресс двигательного дефицита в течение 12 ч. Речевые нарушения значительно регрессировали в течение нескольких суток после вмеша-

тельства. Результаты ТКДГ, выполненной в послеоперационном периоде, свидетельствовали о стабильном снижении ЛСК по левой СМА до 70–85 см/с (рис. 4). Пациентка выписана в удовлетворительном состоянии с минимальными речевыми расстройствами без двигательного дефицита.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 3

Пациентка Р., 18 лет, госпитализирована в 1-е сутки от начала заболевания с диагнозом: острое САК, разрыв аневризмы бифуркации левой ВСА (II степень тяжести по шкале Hunt—Hess).

При КТ выявлено массивное САК (III степени по шкале Fisher) (рис. 5а). В день госпитализации проведено клипирование аневризмы.

В послеоперационном периоде, несмотря на медикаментозную терапию, по данным ТКДГ зарегистрировано увеличение ЛСК до 243 см/с (на 6-е сутки), что стало

Рис. 4. Динамика линейной скорости кровотока по средней мозговой артерии у пациентки И. с острым субарахноидальным кровоизлиянием (по данным транскраниальной доплерографии). Зелеными стрелками отмечены дни проведения химической ангиопластики, красной стрелкой — день проведения ангиопластики со стент-ассистенцией

Fig. 4. Linear blood flow dynamics in the middle cerebral artery in a patient И. with acute subarachnoid hemorrhage (per transcranial Doppler ultrasonography data). Green arrows show days of chemical angioplasty, red arrow — day of angioplasty with stent assistance

Рис. 5. Инструментальное обследование пациентки Р.: а — компьютерная томография при поступлении. Массивное субарахноидальное кровоизлияние (III степени по шкале Fisher); б — церебральная ангиография на 6-е сутки от начала заболевания. Спазм терминального отдела внутренней сонной артерии (ВСА), сегмента М1 средней мозговой артерии (СМА); в — церебральная ангиография на 8-е сутки от начала заболевания. Выраженный спазм терминального отдела ВСА, сегмента М1–М2 СМА; г — церебральная ангиография после выполнения ангиопластики со стент-ассистенцией. Значительное увеличение диаметра просвета терминального отдела ВСА, сегмента М1–М2 СМА

Fig. 5. Imaging of the patient Р.: а — computed tomography at admission. Massive subarachnoid hemorrhage (Fisher III); б — cerebral angiography on day 6 after admission. Spasm of the terminal segment of the internal carotid artery (ICA), M1 segment of the middle cerebral artery (MCA); в — cerebral angiography on day 8 after disease onset. Pronounced spasm of the terminal segment of the ICA, M1–M2 segment of the MCA; г — cerebral angiography after angioplasty with stent assistance. Significantly increased diameters of the terminal ICA segment lumen, M1–M2 MCA segment

показанием к выполнению церебральной ангиографии и химической ангиопластики (рис. 5б).

На 8-е сутки в связи с отсутствием эффекта от медикаментозного лечения, химической ангиопластики, а также с учетом увеличения ЛСК до 280 см/с, клиническими и ангиографическими признаками усугубления вазоспазма (рис. 5в) было принято решение о проведении ангиопластики со стент-ассистенцией.

На контрольной ангиограмме после удаления стент-ретривера визуализировано увеличение диаметра просвета сегмента М1–М2 СМА и супраклиноидного сегмента ВСА (рис. 5г). В послеоперационном периоде наблюдалось стойкое снижение ЛСК по СМА (рис. 6). Пациентка выписана без неврологического дефицита.

ОБСУЖДЕНИЕ

Сосудистый спазм развивается у 70–95 % пациентов с САК, в 20–30 % случаев он вызывает симптомы

ишемии полушарий и ствола головного мозга и в 17 % случаев становится причиной смерти [3]. Основным методом лечения вазоспазма остается медикаментозный. Из эндоваскулярных методов лечения вазоспазма, рефрактерного к медикаментозной терапии, наибольшее распространение получили химическая и баллонная ангиопластика [4].

Данные публикаций об эффективности химической ангиопластики в лечении симптомного вазоспазма расходятся [5]. Благодаря безопасности и простоте выполнения она является первым эндоваскулярным методом, который мы используем у пациентов с прогрессирующим увеличением ЛСК по церебральным артериям. При неэффективности химической ангиопластики коллегиально принимается решение о применении более агрессивных эндоваскулярных методов лечения.

Баллонная ангиопластика для лечения вазоспазма предложена отечественным нейрохирургом

Рис. 6. Динамика линейной скорости кровотока по средней мозговой артерии у пациентки Р. с острым субарахноидальным кровоизлиянием (по данным транскраниальной доплерографии). Зеленой стрелкой отмечен день проведения химической ангиопластики, красной стрелкой — день проведения ангиопластики со стент-ассистенцией

Fig. 6. Linear blood flow dynamics in the middle cerebral artery in a patient P. with acute subarachnoid hemorrhage (per transcranial Doppler ultrasonography data). Green arrow shows day of chemical angioplasty, red arrow — day of angioplasty with stent assistance

Ю.Н. Зубковым в 1984 г. [6]. Выполнение баллонной ангиопластики сопряжено с риском развития катастрофических осложнений: перфорации или разрыва артерии (при раздувании баллонного катетера), диссекции и окклюзии целевой артерии, ишемического инсульта, геморрагической трансформации зоны ишемии, повторного кровоизлияния из невыключенной аневризмы, смещения клипсы [2]. Существенные недостатки баллонной ангиопластики — сложность навигации и высокий риск раздувания баллона в сосудах 2-го порядка.

Применение стентов-ретриверов для лечения пациентов с острым ишемическим инсультом на фоне окклюзии крупной церебральной артерии имеет уровень достоверности доказательств I (A) с 2015 г. Первые публикации о возможности применения стента-ретривера для лечения сосудистого спазма опубликованы в 2017 г. [7]. Преимуществами ангиопластики со стент-ассистенцией перед баллонной ангиопластикой считаются низкий риск разрыва артерии, сохранение кровотока по церебральным артериям во время вмешательства. Стент-ретривер — более длинное устройство, что позволяет оказывать дилатирующее воздействие на более длинный сегмент сосудистого русла. Ангиопластика со стент-ассистенцией относительно проста и позволяет при наличии клинических показаний выполнять ангиопластику в сегментах A2 и M2 передней мозговой артерии и СМА. Возможность параллельного введения спазмолитических препаратов дает возможность одновременно воздействовать на дистальный участок сосудистого русла [8].

В описанных нами клинических случаях использован стент-ретривер rRESET (Phenox, Германия) диаметром 6 мм и длиной 30 мм. Ранние исследования различных стентов-ретриверов *in vitro* продемонстрировали, что данный тип стента-ретривера имеет большую радиальную жесткость, при этом наблюдается наименьшее снижение радиальной устойчивости в со-

судах различного диаметра, что должно повысить эффективность выполнения ангиопластики с применением данного стента-ретривера [9]. Для увеличения радиальной упругости стента-ретривера и достижения максимального расширяющего эффекта мы применяли push-технику его имплантации [10].

Длительность имплантации стента-ретривера при выполнении ангиопластики со стент-ассистенцией требует дальнейшего изучения. Одни авторы сообщают о короткой экспозиции (4–5 мин), другие — о более длительной (7 мин или даже 20 мин) [7]. Длительность имплантации стента-ретривера объясняют необходимостью нагрева стента-ретривера для достижения им максимального диаметра и радиальной силы. Однако длительная имплантация стента-ретривера может привести к развитию тромбоэмболических осложнений вследствие агрегации тромбоцитов на инородном предмете. В нашей работе мы имплантировали стент-ретривер не более чем на 7 мин. Для профилактики тромбоэмболических осложнений пациентам назначали ацетилсалициловую кислоту и проводили гепаринизацию во время вмешательства.

Один из недостатков применения стентов-ретриверов при выполнении механической тромбэктомии — вероятность повреждения эндотелия [11]. При использовании стента-ретривера в ходе ангиопластики риск травмы эндотелия минимален, так как стент-ретривер расправляется в зоне спазмированной артерии, а по завершении вмешательства «заправляется» в микрокатетер.

Время остается важным фактором эффективности применения эндоваскулярных методов лечения вазоспазма. По некоторым данным, при выполнении баллонной ангиопластики в течение 2 ч с момента появления симптомов ишемии (в пределах 2-часового окна) клиническое улучшение наблюдалось у 70 % пациентов, а при выполнении за рамками 2-часового окна — только в 40 % случаев [7]. Мы проводили

ангиопластику со стент-ассистенцией у пациентов с начальными проявлениями ишемии головного мозга; если время, прошедшее с момента развития ишемии, определить было невозможно, то для определения показаний к данному вмешательству оценивали зону ишемического повреждения по данным перфузионных или диффузионных показателей.

Недостатком данной работы является малое количество наблюдений. Безусловно, требуется дальнейшее изучение эффективности и безопасности ангиопластики со стент-ассистенцией. Однако вышеописанные

клинические наблюдения и проанализированные данные научной литературы позволяют предположить, что ангиопластика со стент-ассистенцией может стать дополнительным методом лечения рефрактерного к медикаментозной терапии симптомного вазоспазма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ангиопластика церебральных артерий с применением стент-ретриверных технологий может рассматриваться как дополнительный метод лечения симптомного вазоспазма в остром периоде САК.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Хирургия аневризм головного мозга. В 3 т. Под ред. В.В. Крылова. М.: Т.А. Алексеева, 2012. Т. 1. С. 432. [Brain aneurysm surgery. In 3 vol. Ed. by V.V. Krylov. Vol. 1. Moscow, 2012. P. 432. (In Russ.)].
2. Володюхин М.Ю., Алексеев А.Г., Шаяхметов Н.Г., Немировский А.М. Опыт эндоваскулярного лечения сосудистого спазма у пациентов в остром периоде субарахноидального кровоизлияния. Эндоваскулярная хирургия 2015;2(4): 36–41. [Volodyukhin M.Yu., Alekseev A.G., Shayakhmetov N.G., Nemirovskiy A.M. The experience of endovascular treatment of vasospasm in patients undergoing subarachnoid hemorrhage. Endovascular Surgery 2015;2(4):36–41. (In Russ.)].
3. Коновалов А.Н., Крылов В.В., Филатов Ю.М. и др. Рекомендательный протокол ведения больных с субарахноидальным кровоизлиянием вследствие разрыва аневризм сосудов головного мозга. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 2006;3:3–10. [Konovalov A.N., Krylov V.V., Filatov Yu.M. et al. Advisable management protocol for patients with subarachnoid hemorrhage resulting from cerebral vascular aneurysmal rupture. Zhurnal
4. Крылов В.В., Природов А.В., Кузнецова Т.К. Хирургические методы профилактики и лечения сосудистого спазма у больных после разрыва аневризм сосудов головного мозга. Нейрохирургия 2014;(1):104–15. [Krylov V.V., Prirodov A.V., Kuznetsova T.K. The surgical methods for prevention and treatment of cerebral angiospasm at patients suffered from rupture of cerebral aneurysms. Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2014;(1):104–15. (In Russ.)].
5. Connolly E.S. Jr, Rabinstein A.A., Carhuapoma J.R. et al. Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke 2012;43(6):1711–37. DOI: 10.1161/STR.0b013e3182587839.
6. Zubkov Y.N., Nikiforov B.M., Shustin V.A. Balloon catheter technique for dilatation of constricted cerebral arteries after aneurysmal SAH. Acta Neurochir (Wien) 1984;70(1–2):65–79. DOI: 10.1007/BF01406044.
7. Bhogal P., Loh Y., Brouwer P. et al. Treatment of cerebral vasospasm with self-expandable retrievable stents: proof of concept. J Neuro Interv Surg 2017;9(1):52–9. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012546.
8. Kwon H.J., Lim J.W., Koh H.S. et al. Stent-retriever angioplasty for recurrent post-subarachnoid hemorrhagic vasospasm – a single center experience with long-term follow-up. Clin Neuroradiol 2019;29(4):751–61. DOI: 10.1007/s00062-018-0711-3.
9. Machi P., Jourdan F., Ambard D. et al. Experimental evaluation of stent retrievers mechanical properties and effectiveness. J Neurointerv Surg 2017;9(3):257–63. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-012213.
10. Marel K., Chueh J.Y., Brooks O.W. et al. Quantitative assessment of device–clot interaction for stent retriever thrombectomy. J Neurointerv Surg 2016;(8):1278–82.
11. Peschillo S., Diana F., Berge J., Missori P. A comparison of acute vascular damage caused by ADAPT versus a stent retriever device after thrombectomy in acute ischemic stroke: a histological and ultrastructural study in an animal model. J Neurointerv Surg 2017;9(8):743–49. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012533.

Вклад авторов

М.Ю. Володюхин: проведение операций, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи, научное редактирование;
Н.Г. Шаяхметов: выполнение лабораторных и инструментальных диагностических исследований, курирование пациентов;
А.Г. Алексеев: курирование пациентов, получение данных для анализа;
В.И. Данилов: научное консультирование.

Authors' contributions

M.Yu. Volodyukhin: performing operations, reviewing of publications on the article's theme, article writing, scientific editing;
N.G. Shaiakhmetov: laboratory and instrumental diagnostics, supervision of patients;
A.G. Alekseev: supervision of patients, obtaining data for analysis;
V.I. Danilov: scientific advice.

ORCID авторов / ORCID of authors

М.Ю. Володюхин / M.Yu. Volodyukhin: <https://orcid.org/0000-0001-8245-1996>
Н.Г. Шаяхметов / N.G. Shaiakhmetov: <https://orcid.org/0000-0002-1206-0014>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.
Financing. The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию своих данных.
Compliance with patient rights. The patients gave written informed consent to the publication of their data.