

Сравнение результатов и выявление предикторов неблагоприятного исхода после эндоваскулярной эмболизации у больных с разными типами течения артериовенозных мальформаций головного мозга

© А.С. Брусаянская¹, А.Л. Кривошапкин^{1,2,3}, К.Ю. Орлов^{1,2}, А.А. Альшевская⁴, А.В. Москалев⁴, Г.С. Сергеев³, А.С. Гайтан^{2,3}, А.Е. Симонович²

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

² ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

³ АО «Европейский медицинский центр», Москва, Российская Федерация

⁴ ООО «Научно-исследовательский центр биостатистики и клинических исследований», Новосибирск, Российская Федерация

Поступила в редакцию 14 февраля 2019 г. Исправлена 24 мая 2019 г. Принята к печати 28 мая 2019 г.

Для корреспонденции: Анна Сергеевна Брусаянская, asbr83@mail.ru

Цель

Оценить эффективность эндоваскулярной эмболизации артериовенозных мальформаций головного мозга с геморрагическим и эпилептическим типами течения в отношении радикальности и послеоперационных осложнений, а также определить предикторы неблагоприятного исхода после эндоваскулярной эмболизации артериовенозных мальформаций.

Методы

В ретроспективное исследование вошло 192 пациента с артериовенозными мальформациями головного мозга с эпилептическим, первая группа (n = 85), и геморрагическим, вторая группа (n = 107), типами течения. Всем пациентам проводилась этапная эндоваскулярная эмболизация мальформаций до достижения тотального выключения. Катамнез наблюдения составил 12 мес. Проведен анализ лечения обеих групп пациентов и поиск предикторов развития нежелательных явлений (геморрагические и ишемические осложнения) в раннем послеоперационном периоде (нахождение в стационаре).

Результаты

В группе с тотально эмболизированной артериовенозной мальформацией по результатам контрольной церебральной ангиографии, проводившейся через 12 мес. после последнего этапа эмболизации артериовенозных мальформаций, реканализация наблюдалась у 7 больных (8,2%) в группе с эпилептическим типом течения и у 14 больных (13,1%) в группе с геморрагическим типом (p = 0,432). Общее количество осложнений в первой группе составило 20%, во второй группе — 29,9% (p = 0,162). Летальность за период госпитализации в группе с эпилептическим типом течения составила 0%, в группе с геморрагическим типом течения — 9,3% (p = 0,026). По данным многофакторного регрессионного анализа установлено, что наличие кровоизлияния в анамнезе, расположение артериовенозных мальформаций в функционально значимой зоне и больший максимальный размер артериовенозных мальформаций являются предикторами развития осложнений.

Заключение

Эндоваскулярная эмболизация мальформаций головного мозга с разными типами течения артериовенозных мальформаций является эффективной малоинвазивной методикой лечения данной когорты больных в отношении радикальности и низкого процента ранних послеоперационных осложнений в сравнении с естественными рисками течения артериовенозных мальформаций головного мозга по данным литературы.

Ключевые слова

артериовенозная мальформация головного мозга; геморрагический тип течения артериовенозной мальформации; эндоваскулярная эмболизация; эпилептический тип течения артериовенозной мальформации

Цитировать: Брусаянская А.С., Кривошапкин А.Л., Орлов К.Ю., Альшевская А.А., Москалев А.В., Сергеев Г.С., Гайтан А.С., Симонович А.Е. Сравнение результатов и выявление предикторов неблагоприятного исхода после эндоваскулярной эмболизации у больных с разными типами течения артериовенозных мальформаций головного мозга. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2019;23(1):54-60. <http://dx.doi.org/10.21688-1681-3472-2019-1-54-60>



Введение

Артериовенозные мальформации (АВМ) головного мозга — врожденная аномалия сосудистого русла, приводящая к артериовенозному шунтированию без воздействия на капиллярное русло [1]. Распространенность АВМ головного мозга в популяции, по данным разных авторов, варьирует от 2–6 до 18 случаев на 100 тыс. населения [2–4]. Типичные АВМ представлены тремя основными компонентами: приводящими артериями (афференты АВМ), клубком измененных сосудов (ядро) мальформации, дренирующими венами (эфференты АВМ) [5]. Клиническая манифестация АВМ головного мозга, по мнению ряда авторов, приходится на работоспособный возраст и составляет от 20 до 50 лет [4, 6, 7]. Кроме того, мальформации головного мозга являются причиной развития нетравматических субарахноидальных кровоизлияний в 8,6% случаев и в 1% — мозговых инсультов [4].

В большинстве случаев АВМ головного мозга манифестируют внутримозговым кровоизлиянием (от 42 до 72% случаев) или эпилептическими приступами (от 20 до 67% случаев) [8, 9]. Однако встречаются и другие неспецифические симптомы, такие как прогрессирование неврологического дефицита, головные боли, головокружения; также АВМ могут быть обнаружены по данным нейровизуализации (от 5 до 15% случаев) [10].

Отдаленный прогноз естественного течения АВМ головного мозга в целом неблагоприятный: глубокая инвалидизация наступает у 48% носителей АВМ, а 23% больных погибают [11]. Активная лечебная тактика способствует снижению ежегодной смертности с 3,4% при консервативном лечении до 1,2% при радикальном вмешательстве [12].

В настоящее время, ввиду совершенствования нейрохирургических техник, число периоперационных осложнений значительно снизилось. По данным литературы, в 1980-е гг. риск послеоперационной инвалидизации и смертности составлял 10–22% и 2–6% [13], сегодня этот риск равен 1,8–2,9% и 0,5–0,9% соответственно [14–17].

В современной нейрохирургии абсолютными показаниями к хирургическому лечению являются разорвавшиеся мальформации. Необходимость нейрохирургического вмешательства при неразорвавшихся АВМ до сих пор спорна. Так, серьезной критике подверглись результаты опубликованного в 2014 г. исследования ARUBA [18]: в работе не проанализировано течение заболеваний пациентов с эпилептическими припадками.

Также дискуссионным остается выбор метода лечения АВМ. Ввиду совершенствования эндоваскулярных методик лечения и появления новых эмболизирующих

материалов публикуется все больше исследований, посвященных лечению АВМ эндоваскулярным методом, который показывает хорошие результаты в отношении радикальности и лечения клинических проявлений мальформаций [19–23, 24, 25].

Таким образом, вопрос выбора тактики лечения артериовенозных мальформаций головного мозга до сих пор актуален. В лечении АВМ головного мозга используют различные подходы: консервативную терапию и наблюдение, микрохирургическое удаление АВМ, эндоваскулярную эмболизацию и радиохирургический метод. Однако многие мальформации не поддаются лечению только одной методикой, в связи с чем предпочтение отдается комбинированным методам терапии [17].

Цель исследования — оценить эффективность эндоваскулярной эмболизации артериовенозных мальформаций головного мозга с геморрагическим и эпилептическим типами течения в отношении радикальности и развития послеоперационных осложнений, а также определить предикторы неблагоприятного исхода после эндоваскулярной эмболизации артериовенозных мальформаций.

Методы

С 2011 г. по ноябрь 2018 г. в центре ангионеврологии и нейрохирургии ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России прооперировано 582 первичных пациента с АВМ головного мозга, среди которых завершили лечение 387 пациентов.

Для оценки эффективности эндоваскулярной эмболизации и сравнения безопасности методики в зависимости от типа течения заболевания из общей когорты окончивших лечение отобраны пациенты с эпилептическим, первая группа (n = 85), и геморрагическим, вторая группа (n = 107), типами течения. Всем больным проводилась только этапная эндоваскулярная эмболизация до ее полного выключения из церебрального кровотока. Выбранные группы больных были сопоставимы по возрасту, характеристикам АВМ по градации Спецлера – Мартина, локализации АВМ в функционально значимой зоне, наличию аневризм и варикоза. Однако в группе с геморрагическим типом течения значимо чаще фиксировался неврологический дефицит до оперативного лечения (шкала Рэнкина), а также субтенториальная локализация АВМ (p < 0,001). Данные выбранных больных представлены в табл. 1.

После тотальной эмболизации АВМ через 12 мес. всем больным проводилась контрольная селективная церебральная ангиография с целью определения ради-

Таблица 1 Дооперационная характеристика обеих групп пациентов

Показатель	Эпилептический тип	Геморрагический тип	p
Возраст на момент лечения, лет	33 [25; 41]	35 [26,5; 45,5]	0,417
Неврологический дефицит, n (%)	8 (9,5)	35 (32,7)	<0,001
Шкала MRS, n (%)	0 баллов: нет симптомов	76 (90,48)	73 (68,22)
	1 балл: нет значимых нарушений	8 (9,52)	23 (21,5)
	2 балла: легкие нарушения	0 (0)	5 (4,67)
	3 балла: нарушения жизнедеятельности умеренной степени	0 (0)	3 (2,8)
	4 балла: выраженные нарушения жизнедеятельности	0 (0)	3 (2,8)
Градация артериовенозных мальформаций Спецлера – Мартина, n (%)	1	7 (8,24)	6 (5,61)
	2	24 (28,24)	48 (44,86)
	3	39 (45,88)	43 (40,19)
	4	11 (12,94)	9 (8,41)
	5	4 (4,71)	1 (0,93)
Аневризма, n (%)	17 (23,29)	35 (32,71)	0,229
Варикоз, n (%)	24 (36,36)	44 (44,44)	0,383
Функционально значимая зона, n (%)	13 (56,52)	29 (51,79)	0,893
Субтенториальная локализация артериовенозных мальформаций, n (%)	1 (1,18)	17 (15,89)	<0,001

Примечание. MRS — модифицированная шкала Рэнкина (англ. Modified Renkin Scale)

кальности выключения АВМ из кровотока. Оценивалась частота развития ранних послеоперационных осложнений (период госпитализации), а также проводился одно- и многофакторный логистический регрессионный анализ в общей когорте пациентов для выявления факторов, ассоциированных с развитием осложнений.

Статистический анализ

Описательная статистика представлена как медиана (межквартильный интервал). Категориальные и ранговые данные представлены в виде числа (процента от общего). Для сравнения групп использованы U-критерий Манна – Уитни и критерий хи-квадрат. Все указанные показатели p основывались на двухсторонних тестах, уровень значимости для всех используемых методов установлен как $p < 0,05$. Для определения предикторов осложнений использовали логистический регрессионный анализ. В многофакторный анализ включали показатели, отобранные на основании предварительного однофакторного логистического регрессионного анализа при уровне значимости $p < 0,2$.

Построение моделей проводилось с пошаговым сужением путем редукции факторов, приводивших к улучшению показателей модели по информационному критерию Акаике (AIC, критерий улучшения — снижение значений показателя) и скорректированному коэффициенту детерминации (adjusted R2, критерий улучшения — отсутствие снижения показателя).

Результаты

В группе с тотально эмболизированной АВМ по результатам контрольной церебральной ангиографии, проводившейся через 12 мес. после тотальной эмболизации АВМ, реканализация наблюдалась у 7 больных (8,2%) в группе с эпилептическим типом течения и у 14 больных (13,1%) в группе с геморрагическим типом (табл. 2).

В обеих группах после эндоваскулярного лечения были как ишемические, так и геморрагические осложнения. Причем в группе с эпилептическим типом течения преобладали ишемические осложнения, в группе с геморрагическим типом — кровоизлияния (табл. 3). Общее количество осложнений в первой группе составило

Таблица 2 Результаты эндоваскулярной эмболизации в группах пациентов через 12 мес.

Исход лечения	Эпилептический тип	Геморрагический тип	p
Радикальное выключение артериовенозных мальформаций, n (%)	51 (60)	76 (71)	0,126
Реканализация после тотальной эмболизации, n (%)	7 (8,2)	14 (13,1)	0,355

Таблица 3 Послеоперационные осложнения в группах пациентов

Исход лечения	Эпилептический тип (85 пациентов, 204 этапа)	Геморрагический тип (107 пациентов, 209 этапов)	p
Осложнения, n (%)	17 (20)	32 (29,9)	0,162
Кровоизлияние, n (%)	7 (8,24)	17 (15,9)	0,17
Ишемия в послеоперационном периоде, n (%)	11 (12,94)	16 (14,9)	0,835
Экстренные вмешательства на количество этапов, n (%)	7 (3,4)	26 (12,4)	0,001
MRS после лечения			0,134
0 баллов: нет симптомов	61 (71,8)	70 (65,4)	
1 балл: нет значимых нарушений	16 (18,8)	15 (14)	
2 балла: легкие нарушения	4 (4,7)	4 (3,7)	
3 балла: нарушения жизнедеятельности умеренной степени	1 (1,2)	3 (2,8)	
4 балла: выраженные нарушения жизнедеятельности	2 (2,4)	3 (2,8)	
5 баллов: грубые нарушения жизнедеятельности	1 (1,2)	2 (1,9)	
6 баллов: летальность	0 (0)	10 (9,3)	

Примечание. Данные неврологического дефицита (шкала Рэнкина, англ. Modified Renkin Scale, MRS) на момент выписки

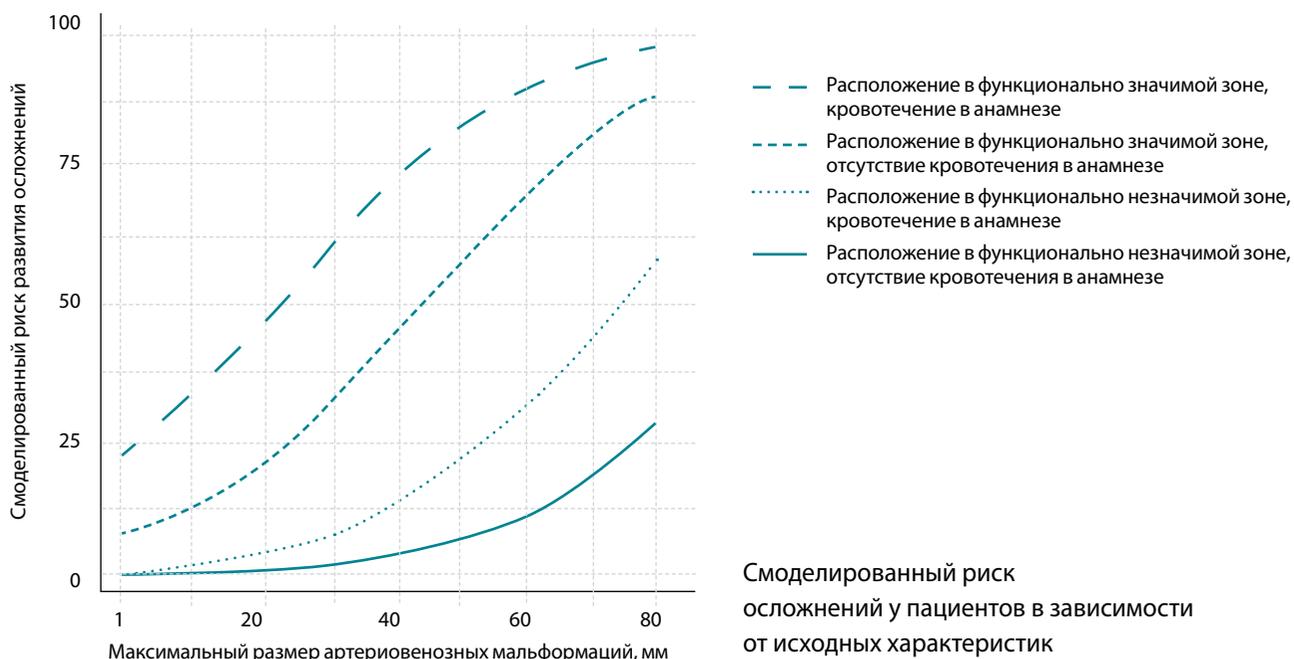
20%, во второй группе — 29,9%, однако значительное усугубление неврологического дефицита (на 2 и более балла по MRS, включая летальность) в результате осложнений наблюдалось у 4 больных из первой группы (4,7%) и 11 больных из второй (10,3%) (p = 0,184). Экстренное хирургическое вмешательство в связи с развившимся осложнением проведено в 7 случаях у 7 пациентов из первой группы и в 26 случаях у 15 пациентов из второй группы. Летальность в раннем послеоперационном периоде составила 0 пациентов в группе с эпилептическим

типом течения и 10 больных (9,3%) в группе с геморрагическим типом течения (p = 0,026). Данные по осложнениям и летальности представлены в табл. 3.

Для оценки влияния исходных характеристик пациентов и АВМ на риск развития послеоперационных осложнений проведен одно- и многофакторный логистический регрессионный анализ (табл. 4). Выявленная финальная модель содержала три фактора: кровоизлияние в анамнезе, расположение АВМ в функционально значимой зоне и максимальный размер АВМ. На ее ос-

Таблица 4 Одно- и многофакторный логистический регрессионный анализ факторов, ассоциированных с развитием осложнений у пациентов с артериовенозными мальформациями

Показатель	Однофакторный анализ		Многофакторный анализ	
	ОШ (95% ДИ)	p	ОШ (95% ДИ)	p
Интраидальная аневризма	2,089 (1,185–3,952)	0,015		
Супратенториальная локализация артериовенозных мальформаций	0,299 (0,109–0,813)	0,017		
Аневризма	0,469 (0,234–0,944)	0,033		
Варикоз	0,476 (0,235–0,956)	0,038		
Кровоизлияния в анамнезе	1,598 (1,015–2,56)	0,044		
Градации артериовенозных мальформаций Спецлера – Мартина	1,473 (1,008–2,178)	0,047		
Расположение артериовенозных мальформаций в функционально значимой зоне	2,638 (0,967–7,813)	0,065	3,426 (1,136–11,111)	0,034
Кровоизлияние в анамнезе	1,754 (0,904–3,497)	0,102	17,418 (3,226–100,000)	0,004
Максимальный размер артериовенозных мальформаций	1,012 (0,987–1,036)	0,342	1,057 (1,000–1,120)	0,059
Киста, не связанная с артериовенозными мальформациями	1,541 (0,657–4,065)	0,346		
Мужской пол	0,735 (0,382–1,410)	0,353		
Неврологический дефицит на момент начала лечения	0,881 (0,381–1,908)	0,757		



нове построен график риска развития осложнений в зависимости от исходных факторов у пациентов (рисунки).

Из рисунка видно, что риск развития осложнений у больных с АВМ головного мозга после эндоваскулярного лечения увеличивается при наличии кровоизлияния в анамнезе, большего размера мальформации и расположения АВМ в функционально значимой зоне.

Обсуждение

По данным литературы, абсолютным показанием для хирургического лечения является геморрагический тип течения АВМ головного мозга. Результаты нашего исследования также подтверждают необходимость лечения данной когорты пациентов ввиду ее тяжести и высокого риска повторных кровоизлияний с неблагоприятными последствиями. Кроме того, современные методы эндоваскулярного лечения позволяют снизить радикальность и процент послеоперационных осложнений в лечении данных больных в сравнении с естественным течением заболевания [12, 26].

Иначе рассматривают необходимость хирургического лечения больных с эпилептическим типом течения АВМ головного мозга. Многие авторы до сих пор придерживаются мнения о приемлемости только консервативной терапии для данной группы больных [18, 27]. Однако с развитием высоких технологий в эндоваскулярной нейрохирургии в последние годы все больше появляется работ и исследований пациентов с АВМ головного мозга и эпилептическим типом течения, показывающих снижение радикальности и повышение свободы от приступов, при

этом данная когорта пациентов преимущественно относится к больным с фармакорезистентным типом течения эпилепсии [16, 17, 24, 28–32]. В нашем исследовании также получены хорошие результаты в отношении радикальности у больных с эпилептическим типом течения АВМ с небольшим процентом осложнений. У большинства таких пациентов эпилепсия имеет фармакорезистентное течение с преимущественным развитием генерализованных эпилептических приступов [16, 17, 33, 34], приводящих к значительному снижению качества жизни, поэтому хирургическое лечение в данной когорте пациентов, по нашему мнению, является оправданным. Также мы получили статистически значимое развитие нежелательных явлений, в том числе летальности и осложнений, в группе с геморрагическим типом течения, подтвердили тяжесть данной когорты больных и необходимость радикального лечения этих пациентов. Кроме того, полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности эндоваскулярного лечения, небольшом проценте послеоперационных осложнений у больных с эпилептическим типом течения АВМ головного мозга в сравнении с естественным риском заболевания по данным литературы.

Заключение

Эндоваскулярная эмболизация мальформаций головного мозга с разными типами течения АВМ является эффективной малоинвазивной методикой лечения в отношении радикальности и низкого процента развития ранних послеоперационных осложнений в сравнении с естественным риском заболевания по данным литературы.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы / References

1. Rutledge W.C., Ko N.U., Lawton M.T., Kim H. Hemorrhage rates and risk factors in the natural history course of brain arteriovenous malformations. *Transl Stroke Res.* 2014;5(5):538-42. PMID: 24930128, PMCID: PMC4139097. <https://doi.org/10.1007/s12975-014-0351-0>
2. Brown R.D. Jr., Wiebers D.O., Torner J.C., O'Fallon W.M. Frequency of intracranial hemorrhage as a presenting symptom and subtype analysis: A population-based study of intracranial vascular malformation in Olmsted County, Minnesota. *J Neurosurg.* 1996;85(1):29-32. PMID: 8683279. <https://doi.org/10.3171/jns.1996.85.1.0029>
3. Свистов Д.В., Кандыба Д.В., Савелло А.В. Артериовенозные мальформации головного мозга: клиника, диагностика, комплексное лечение. Санкт-Петербург: Фолиант, 2002. С. 199–260. [Svistov D.V., Kandyba D.V., Savello A.V. Arteriovenous malformations of the brain: clinic, diagnostics, complex treatment. St. Petersburg: Foliand; 2002. P. 199-260. (in Russ.)]
4. Шанько Ю.Г., Смянович В.А. Современные принципы диагностики и лечения церебральных артериовенозных мальформаций. *ARS MEDICA.* 2009;(13):16-29. [Shanko Yu.G., Smeyanovich V.A. Modern principles of diagnostics and treatment of cerebral arteriovenous malformations. *ARS MEDICA.* 2009;(13):16-29].
5. Ассоциация нейрохирургов Российской Федерации. Клинические рекомендации по диагностике и лечению артериовенозных мальформаций центральной нервной системы. М., 2014. 35 с. [Association of Neurosurgeons of the Russian Federation. Clinical guidelines for the diagnostics and treatment of arteriovenous malformations of the central nervous system. Moscow; 2014. 35 p.]
6. Zheng T., Wang Q.J., Liu Y.Q., Cui X.B., Gao Y.Y., Lai L.F., Su S.X., Zhang X., Li X.F., He X.Y., Duan C.Z. Clinical features and endovascular treatment of intracranial arteriovenous malformations in pediatric patients. *Child Nerv Syst.* 2014;30(4):647-53. PMID: 24013265. <https://doi.org/10.1007/s00381-013-2277-3>
7. Филатов Ю.М. Артериовенозные аневризмы больших полушарий головного мозга. М., 1972. 32 с. [Filatov Yu.M. Arteriovenous aneurysm of the cerebral hemispheres. Moscow; 1972. 32 p.]
8. Crawford P.M., West C.R., Chadwick D.W., Shaw M.D. Arteriovenous malformations of the brain: Natural history in unoperated patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1986;49(1):1-10. PMID: 3958721, PMCID: PMC1028639. <https://doi.org/10.1136/jnnp.49.1.1>
9. Sisti M.B., Stein B.M. Arteriovenous malformations of the brain stem. *Neurosurgery clinics of North America.* 1993;4(3):497-505.
10. Hofmeister C., Stapf C., Hartmann A., Sciacca R.R., Mansmann U., terBrugge K., Lasjaunias P., Mohr J.P., Mast H., Meisel J. Demographic, morphological, and clinical characteristics of 1289 patients with brain arteriovenous malformation. *Stroke.* 2000;31(6):1307-10. PMID: 10835449.
11. Ondra S.L., Troupp H., George E.D., Schwab K. The natural history of symptomatic arteriovenous malformations of the brain: a 24-year follow-up assessment. *J Neurosurg.* 1990;73(3):387-91. PMID: 2384776. <https://doi.org/10.3171/jns.1990.73.3.0387>
12. Laakso A., Dashti R., Seppänen J., Juvela S., Väärt K., Niemelä M., Sankila R., Hernesniemi J.A. Long-term excess mortality in 623 patients with brain arteriovenous malformations. *Neurosurgery.* 2008;63(2):244-55. PMID: 18797354. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000320439.27895.24>
13. Cockroft K.M., Hwang S.-K., Rosenwasser R.H. Endovascular treatment of cerebral arteriovenous malformations: Indications, techniques, outcome, and complications. *Neurosurg Clin N Am.* 2005;16(2):367-80. PMID: 15694168. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2004.08.001>
14. Crowley R.W., Ducruet A.F., McDougall C.G., Albuquerque F.C. Endovascular advances for brain arteriovenous malformations. *Neurosurgery.* 2014;74(Suppl. 1):74–82. PMID: 24402496. <https://doi.org/10.1227/NEU.00000000000000176>
15. Danaila L. Microsurgical treatment of the interhemispheric arteriovenous malformations. *Chirurgia (Bucur).* 2012;107(6):701-14. PMID: 23294947.
16. Кривошапкин А.Л., Брусянская А.С., Орлов К.Ю., Гайтан А.С., Сергеев Г.С. Контроль эпилептических приступов у больных с артериовенозными мальформациями после эндоваскулярного лечения. *Нейрохирургия.* 2017;(3):27-33. Режим доступа: <https://www.therjn.com/jour/article/view/447> [Krivoshapkin A.L., Brusyanskaya A.S., Orlov K.Y., Gaitan A.S., Sergeev G.S. Control of epileptic seizures at patients with arteriovenous malformations after endovascular treatment. *Russian Journal of Neurosurgery.* 2017;(3):27-33. (In Russ.) Available from: <https://www.therjn.com/jour/article/view/447>]
17. Кривошапкин А.Л., Орлов К.Ю., Брусянская А.С., Сергеев Г.С., Гайтан А.С., Симонович А.Е. Результаты инвазивного лечения больных с эпилептическим типом течения артериовенозных мальформаций головного мозга. *Сибирский научный медицинский журнал.* 2018;38(6):145-53. <https://doi.org/10.15372/SSMJ20180621> [Krivoshapkin A.L., Orlov K.Y., Brusyanskaya A.S., Sergeev G.S., Gaytan A.S., Simonovich A.E. The results of invasive treatment of patients with brain arteriovenous malformations with seizure. *Siberian Scientific Medical Journal.* 2018;38(6):145-153. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/SSMJ20180621>]
18. Mohr J.P., Parides M.K., Stapf C., Moquete E., Moy C.S., Overbey J.R., Al-Shahi Salman R., Vicaut E., Young W.L., Houdart E., Cordonnier C., Stefani M.A., Hartmann A., von Kummer R., Biondi A., Berkefeld J., Klijn C.J., Harkness K., Libman R., Barreau X., Moskowitz A.J.; international ARUBA investigators. Medical management with or without interventional therapy for unruptured brain arteriovenous malformations (ARUBA): a multicentre, non-blinded, randomised trial. *Lancet.* 2014;383(9917):614-21. PMID: 24268105 PMCID: PMC4119885 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)62302-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)62302-8)
19. Abud D.G., Riva R., Nakiri G.S., Padovani F., Khawaldeh M., Mounayer C. Treatment of brain arteriovenous malformations by double arterial catheterization with simultaneous injection of Onyx: Retrospective series of 17 patients. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2011;32(1):152-8. PMID: 20966066. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2247>
20. Elhammady M.S., Heros R.C. Onyx and arteriovenous malformations. *J Neurosurg.* 2011;115(1):75-6. PMID: 21476803. <https://doi.org/10.3171/2010.3.JNS091626>
21. Lv X., Wu Z., Jiang C., Li Y., Yang X., Zhang Y., Lv M., Zhang N. Endovascular treatment accounts for a change in brain arteriovenous malformation natural history risk. *Interv Neuroradiol.* 2010;16(2):127-32. PMCID: PMC3277980, PMID: 20642886. <https://doi.org/10.1177/159101991001600203>
22. Maimon S., Strauss I., Frolov V., Margalit N., Ram Z. Brain arteriovenous malformation treatment using a combination of onyx and a new detachable tip microcatheter, SONIC: Short-term results. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2010;31(5):947-54. PMID: 20190210. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1959>
23. Natarajan S.K., Britz G.W., Born D.E., Sekhar L.N. Multimodality treatment of brain arteriovenous malformations with microsurgery after embolization with onyx: single-center experience and technical nuances. *Neurosurgery.* 2008;62(6):1213-25. PMID: 18824988. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000320439.27895.24>

- doi.org/10.1227/01.neu.0000333293.74986.e5
24. Saatci I., Geyik S., Yavuz K., Cekirge H.S. Endovascular treatment of brain arteriovenous malformations with prolonged intranidal Onyx injection technique: long-term results in 350 consecutive patients with completed endovascular treatment course. *J Neurosurg.* 2011;115(1):78-88. PMID: 21476804. <https://doi.org/10.3171/2011.2.JNS09830>
 25. Zhang C.-G., Yang H. Embolization with Onyx for treatment of cerebral arteriovenous malformation. *Chinese Journal of Interventional Imaging and Therapy.* 2011;8(3):179-81.
 26. Bakhtiyarova M.L. Clinical-pathogenic analysis of brain arteriovenous malformation neurologic manifestations. *European Science Review.* 2016;2(4):72-4.
 27. Al-Shahi Salman R., White P.M., Counsell C.E., du Plessis J., van Beijnum J., Josephson C.B., Wilkinson T., Wedderburn C.J., Chandy Z., St George E.J., Sellar R.J., Warlow C.P.; Scottish Audit of Intracranial Vascular Malformations Collaborators. Outcome after conservative management or intervention for unruptured brain arteriovenous malformations. *JAMA.* 2014;311(16):1661-9. PMID: 24756516. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.3200>
 28. Baranoski J.F., Grant R.A., Hirsch L.J., Visintainer P., Gerrard J.L., Günel M., Matouk C.C., Spencer D.D., Bulsara K.R. Seizure control for intracranial arteriovenous malformations is directly related to treatment modality: a meta-analysis. *J NeuroInterv Surg.* 2014;6(9):684-90. PMID: 24319021. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2013-010945>
 29. Ding D., Quigg M., Starke R.M., Xu Z., Yen C.P., Przybylowski C.J., Dodson B.K., Sheehan J.P. Radiosurgery for temporal lobe arteriovenous malformations: effect of temporal location on seizure outcomes. *J Neurosurg.* 2015;123(4):924-34. PMID: 25884262 <https://doi.org/10.3171/2014.10.JNS141807>
 30. Englot D.J., Young W.L., Han S.J., McCulloch C.E., Chang E.F., Lawton M.T. Seizure predictors and control after microsurgical resection of supratentorial arteriovenous malformations in 440 patients. *Neurosurgery.* 2012;71(3):572-80. PMID: 22592327, PMCID: PMC5815296. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e31825ea3ba>
 31. Krivoschapkin A.L., Orlov K.Yu., Brusyanskaya A.S., Berestov V.V., Gaytan A.S. Effect of first line endovascular embolization and subsequent microsurgery to control seizure in patients with cerebral arteriovenous malformations (AVM) [ePoster]. The 6th World Intracranial Hemorrhage Conference 2017 (WICH 2017). Baltimore, USA; 2017.
 32. de los Reyes K., Patel A., Doshi A., Egorova N., Panov F., Bederson J.B., Frontera J.A. Seizures after Onyx embolization for the treatment of cerebral arteriovenous malformation. *Interv Neuroradiol.* 2011;17(3):331-8. PMCID: PMC3396045, PMID: 22005695. <https://doi.org/10.1177/159101991101700308>
 33. von der Brölie C., Simon M., Esche J., Schramm J., Boström A. Seizure outcomes in patients with surgically treated cerebral arteriovenous malformations. *Neurosurgery.* 2015;77(5):762-8. PMID: 26225856. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000919>
 34. Schramm J. Seizures associated with cerebral arteriovenous malformations. *Handb Clin Neurol.* 2017;143:31-40. PMID: 28552156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63640-9.00004-7>

Efficiency of endovascular embolization and predictors of postoperative complications in patients with different types of brain arteriovenous malformations

Anna S. Brusyanskaya¹, Alexey L. Krivoschapkin^{1,2,3}, Kirill Yu. Orlov^{1,2}, Alina A. Alshevskaya⁴, Andrey V. Moskalev⁴, Gleb S. Sergeev³, Alexey S. Gaytan^{2,3}, Alexander E. Simonovich²

¹ Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russian Federation

³ European Medical Center, Moscow, Russian Federation

⁴ Biostatistics and Clinical Trials Center, Novosibirsk, Russian Federation

Corresponding author. Anna S. Brusyanskaya, asbr83@mail.ru

Aim. To evaluate the efficiency of endovascular embolization of brain arteriovenous malformations (AVMs) with seizure or hemorrhage in relation to radicalness and postoperative complication development and (2) to determine the predictors of postoperative complications after endovascular embolization of AVMs.

Methods. In this retrospective study, we examined the treatment of 192 patients with brain AVMs with seizure (seizure group; n = 85) or hemorrhage (hemorrhage group; n = 107). All the patients underwent total endovascular embolization of the malformations, and the follow-up period was 12 months. The two different patient groups were identified, and the predictors of the development of adverse events (hemorrhagic and ischemic complications) in the early postoperative period (hospital stay) were determined.

Results. Twelve months after control cerebral angiography was performed, recanalization was observed in 7 (8.2%) and 14 (13.1%) patients in the seizure and hemorrhage groups, respectively (p = 0.432). The frequency of complications was 20% and 29.9% in the seizure and hemorrhage groups, respectively (p = 0.162). The mortality rate during hospitalization was 0% and 9.3% in the seizure and hemorrhage groups, respectively (p = 0.026). Multivariate regression analysis revealed that a history of hemorrhage, the location of AVMs in functionally significant zones, and a large maximum size of AVMs are predictors of the development of postoperative complications.

Conclusion. Endovascular embolization is an effective, minimally invasive approach for the treatment of different types of brain AVMs. Considering the natural risks of brain AVMs according to the literature, endovascular embolization is associated with a low frequency of early postoperative complications.

Keywords: brain arteriovenous malformations; endovascular embolization; hemorrhage; seizure

Received 14 February 2019. Revised 24 May 2019. Accepted 28 May 2019.

Funding: The study did not have sponsorship.

Conflict of interest: Authors declare no conflict of interest.

Copyright: © 2019 Brusyanskaya et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License.

How to cite: Brusyanskaya A.S., Krivoschapkin A.L., Orlov K.Yu., Alshevskaya A.A., Moskalev A.V., Sergeev G.S., Gaytan A.S., Simonovich A.E. Efficiency of endovascular embolization and predictors of postoperative complications in patients with different types of brain arteriovenous malformations. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2019;23(1):54-60. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21688-1681-3472-2019-1-54-60>