

Эндоваскулярные методики профилактики и лечения сосудистого спазма вследствие разрыва церебральных аневризм: за и против

А.В. Природов^{1,2}, Е.Ю. Бахарев¹ ✉, А.А. Калинин³

Нейрохирургическое отделение

¹ ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

Российская Федерация, 129090, Москва, Б. Суваревская площадь, д. 3

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» МЗ РФ

Российская Федерация, 127473, Москва, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1

³ ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России»

Российская Федерация, 115682, Москва, Ореховый бульвар, д. 28

✉ Контактная информация: Бахарев Евгений Юрьевич, кандидат медицинских наук, врач нейрохирург нейрохирургического отделения ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Email: ads_nvz@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В данном обзоре освещены современные подходы к эндоваскулярной терапии церебрального ангиоспазма при нетравматическом субарахноидальном кровоизлиянии вследствие разрыва церебральной аневризмы (ЦА). Освещены основные клинические рекомендательные протоколы по ведению пациентов с разрывом ЦА, представлены клинические исследования, посвященные применению баллонной ангиопластики, интраартериальному введению различных вазодилаторов, описаны преимущества и осложнения использования различных методик.

Ключевые слова:

церебральная аневризма, нетравматическое субарахноидальное кровоизлияние, церебральный ангиоспазм, эндоваскулярное лечение, баллонная ангиопластика, химиоангиопластика

Ссылка для цитирования

Природов А.В., Бахарев Е.Ю., Калинин А.А. Эндоваскулярные методики профилактики и лечения сосудистого спазма вследствие разрыва церебральных аневризм: за и против. *Журнал им. Н.В. Склифосовского неотложная медицинская помощь*. 2021;10(4):750–759. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-750-759>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

АА — артериальная аневризма
АД — артериальное давление
АС — ангиоспазм
ВСА — внутренняя сонная артерия
ВЧД — внутричерепное давление
ЗМА — задняя мозговая артерия
КТ — компьютерная томография
ЛСК — линейная скорость кровотока

МРТ — магнитно-резонансная терапия
ПМА — передняя мозговая артерия
САК — субарахноидальное кровоизлияние
СМА — средняя мозговая артерия
ТБА — транслюминальная баллонная ангиопластика
ФДЭ — фосфодиэстераза
ХА — химиоангиопластика
ЦА — церебральная аневризма

Церебральный сосудистый спазм является основной причиной неблагоприятного исхода лечения пациентов с разрывом церебральных аневризм. Ангиоспазм (АС) развивается в ответ на попадание крови в субарахноидальное пространство и приводит к отсроченной ишемии головного мозга. До настоящего момента не существует единого алгоритма, который бы позволял полностью предотвратить развитие АС и ишемии мозга.

Среди эндоваскулярных методик, направленных на увеличение просвета артерии при церебральном сосудистом спазме, в настоящий момент нашли применение методики селективного интраартериального введения различных вазодилаторов в спазмированные артерии (химиоангиопластика), либо механическое расширение спазмированных сосудов (транслюминальная баллонная ангиопластика).

Транслюминальная баллонная ангиопластика (ТБА). Суть методики заключается в расширении спазмированного участка артерии баллон-катетером. Впервые данная методика была предложена Зубковым Ю.Н. и соавт. (1984), после чего получила общемировое признание [1]. В литературе имеется очень большое количество данных о положительном лечебном и даже профилактическом эффекте этого вмешательства для уменьшения выраженности симптомного спазма [2–4].

Однако баллонная ангиопластика может сопровождаться рядом тяжелых осложнений: разрывом спазмированного сосуда, его диссекцией, реперфузионным синдромом с развитием отека мозга или геморрагического пропитывания зоны ишемии, а также миграцией клипс или микроспиралей [1, 3]. Неспецифическими осложнениями могут быть осложнения, возникающие

после эндоваскулярного доступа: формирование пульсирующей гематомы в области катетеризации бедренной артерии, забрюшинной гематомы и т.п. (табл. 1).

Более поздние работы демонстрируют безопасность и эффективность ТБА у пациентов с ангиографическими и клиническими признаками АС. Patel A.S. et al. (2017) представили результаты использования ангиопластики у 52 пациентов с симптомным АС вследствие разрыва церебральной аневризмы (ЦА). Использование ТБА способствовало клиническому улучшению непосредственно после процедуры в 78,8% случаев, удовлетворительный исход лечения через 3 месяца после выписки достигнут у 61,5% пациентов. В данной серии пациентов осложнений ТБА не наблюдалось [6].

Сходные данные представили Schacht H. et al. (2020) [7]. После применения ТБА у 35 пациентов авторы наблюдали статистически достоверный положительный ангиографический и клинический эффект. В одном случае авторы отмечали развитие диссекции СМА после проведения ТБА, что привело к обширному церебральному инфаркту.

По данным метаанализа Li K. et al. (2019), ТБА имеет достоверный положительный клинический и ангиографический эффект, позволяет снизить частоту церебрального инфаркта на 31% [8]. Помимо этого, при использовании ТБА частота повторных эндоваскулярных вмешательств ниже, чем при химиоангиопластике. Частота осложнений при использовании ТБА составила менее 1% [8].

Транслуминальная баллонная ангиопластика (ТБА) включена в клинические рекомендации американских, японских и корейских нейрохирургических сообществ как эффективная методика лечения симптомного церебрального сосудистого спазма при неэффективности консервативных методов (индуцированная гипертензия) [9–11]. Существенным ограничением этой методики является диаметр спазмированного сосуда: при спазме артерий дистального русла (менее 1,5–2 мм в диаметре) оказывается технически невозможным провести в них баллон-катетер. Считается, что данная методика имеет более длительный эффект (по сравнению с химиоангиопластикой). Баллонная ангиопластика является методом выбора при сегментарном спазме внутренней сонной артерии (ВСА), проксимальных отделов средней, передней и задней мозговых артерий (СМА, ПМА и ЗМА) более чем на 50%, а также при неэффективности химиоангиопластики, как более «агрессивная» методика вазодилатации [12–14].

Химиоангиопластика (ХА). В отличие от ТБА, используется для восстановления проходимости не только проксимальных, но и дистальных участков спазмированных артерий головного мозга. Существует два вида ХА, различающиеся способом введения лекарственных препаратов: селективная катетеризация суженного сегмента церебральных артерий с последующим введением препаратов либо введение лекарственных средств в катетеризированную артерию шеи, в бассейне которой произошел спазм. Селективное введение вазодилататоров позволяет снизить концентрацию препарата и выраженность системных побочных эффектов. В настоящее время проведение ХА рекомендуют пациентам с симптомным АС при отсутствии эффекта от системного применения нимодипина и индуцированной гипертензии в качестве следующей ступени терапии [9–11, 13].

Таблица 1

Осложнения после транслуминальной баллонной ангиопластики (данные взяты из статьи Newell D. et al. (1999) [5])

Table 1

Complications after transluminal balloon angioplasty (data taken from the article by Newell D. et al. (1999) [5])

Автор, год	Число пациентов, n	Клиническое улучшение, %	Осложнения, n
Higashida et al., 1992	28	61	2 разрыва сосуда
Зубков Ю.Н. и соавт., 1993	95 (52 – симптомный АС)	86,5	4,5%
Coyne et al., 1993	13	31	1 повторное кровоизлияние
Eskridge et al., 1995	50 (46 – симптомный АС)	61	1 окклюзия, 2 разрыва сосуда, 2 повторных кровоизлияния
Firlik et al., 1997	13	92	внутричерепное кровоизлияние
Bejjani et al., 1998	31	74	2 внутричерепных кровоизлияния, 1 забрюшинная гематома

Примечание: АС – ангиоспазм

Note: АС – vasomotor spasm

В литературе имеются данные об использовании папаверина, верапамила, нимодипина, никардипина в качестве вазодилататоров для ХА у пациентов с АС вследствие разрыва артериальной аневризмы (АА). Однако данных о проведении мультицентровых рандомизированных исследований, посвященных эндоваскулярным способам профилактики и лечения АС, мы не встретили. Помимо вышеперечисленных препаратов имеются сведения об использовании фазудила гидрохлорида, сульфата магния, милринона и колфорсина даропата, но данных об их применении значительно меньше. Основные характеристики и механизмы действия представлены в табл. 2 [15].

Далее мы рассмотрим наиболее крупные исследования, посвященные использованию различных вазодилататоров для ХА.

Папаверин. Одними из первых результаты ХА папаверином представили Kassell N.F. et al. (1992), Kaku Y. et al. (1992). Данные работы включали не более 10–12 пациентов, демонстрировали предварительную эффективность и безопасность методики [33, 34]. Ангиографическое разрешение АС произошло в 34 спазмированных сегментах церебральных артерий из 37, регресс неврологической симптоматики – у 8 пациентов из 10, осложнений отмечено не было. Схожие результаты опубликовали Clouston J.E. et al. (1995), однако авторы описали случай развития монокулярной слепоты у 1 пациента из 14 [35].

Имеются данные о влиянии папаверина на системную гемодинамику, внутричерепное давление (ВЧД). McAuliffe W. et al. (1995) при проведении ХА папаверином у 21 пациента с АС вследствие разрыва ЦА отметили статистически значимое повышение ВЧД, частоты сердечных сокращений и артериального давления (АД). Помимо этого, наблюдали тенденцию к снижению церебрального перфузионного давления у всех обследованных пациентов. Тем не менее, регресс АС выявили у 76% пациентов, а клиническое улучшение – у 52% [18].

Sawada M. et al. (1997) изучали эффективность ХА папаверином у 46 пациентов в различных дозиров-

ках и наблюдали положительный ангиографический и клинический эффект. Однако авторы отметили, что введение раствора папаверина в концентрации выше 0,4% может сопровождаться преходящим нарастающим неврологической симптоматики, в связи с чем превышение данных дозировок не рекомендовано [36].

Polin R. et al. (1998) представили результаты применения папаверина у 31 пациента с симптомным АС. Однако по данным авторов, преимуществ в использовании ХА папаверином при использовании статистического анализа не наблюдали, и исходы лечения через 3 месяца в исследуемой и контрольной группах не различались [37].

Firlik K.S. et al. (1999) на материале 15 пациентов с АС при интраартериальном использовании папаверина наблюдали регресс АС у 78% пациентов, улучшение церебрального мозгового кровотока — у 46% и регресс неврологической симптоматики — у 26% пациентов. Однако при выполнении ХА в вертебробазиллярном бассейне у 4 пациентов с кровоизлиянием вследствие разрыва ЦА отмечено развитие артериальной гипотензии и очаговой неврологической стволовой симптоматики [16].

Среди осложнений и побочных эффектов ХА папаверином в литературе описаны следующие наблюдения. *Tsurushima H. et al.* (2000) описали случай развития судорог и парадоксального усугубления АС [17].

Carhuaroma J.R. et al. (2001) представили клиническое наблюдение, в котором у пациента с симптомным АС после проведения ХА наблюдали развитие судорожного синдрома [19].

Andaluz N. et al. (2002) [14] опубликовали результаты комбинированного эндovasкулярного лечения (ТБА и ХА папаверином) у 50 пациентов с разрывом ЦА. Авторы отметили, что при комбинированном лечении ТБА и ХА папаверином клинические исходы хуже. Использование ХА папаверином при распространенном спазме в обоих каротидных бассейнах сопровождается достоверным подъемом ВЧД и ухудшает исход лечения [14].

Smith W. et al. (2004) представили результат 5 пациентов, у которых наблюдали значительное неврологическое ухудшение после селективной ангиопластики папаверином в растворе хлоробутанола по поводу АС. После процедуры пациентам выполняли магнитно-резонансную томографию (МРТ) головного мозга, по результатам которой выявлялись специфические очаги в коре головного мозга. Авторы пришли к выводу, что использование раствора папаверина в хлоробутаноле не рекомендовано для выполнения ангиопластики и сопровождается негативным клиническим и рентгенологическим эффектом [38].

Horsman A. et al. (2019) изучали церебральный метаболизм у 10 пациентов с АС вследствие разрыва ЦА, которым проводили интраартериальное введение папаверина. Положительный ангиографический эффект наблюдали у 80% пациентов. В то же время у пациентов отмечали подъем ВЧД, снижение уровня глюкозы в мозговой ткани и повышение уровня лактата, которые постепенно восстановились и улучшились относительно исходного уровня в течение 10 часов после процедуры. Таким образом, интраартериальные инфузии папаверина сразу после процедуры имели отрицательный эффект на мозговой метаболизм, который нивелировался в течение нескольких часов [39].

Таким образом, можно сделать заключение о том, что папаверин может успешно приводить к регрессу

Таблица 2

Основные вазодилататоры, которые используются для химиоангиопластики у пациентов с ангиоспазмом вследствие разрыва артериальной аневризмы [15–33]

Table 2

The main vasodilators used for chemoangioplasty in patients with angiospasm due to ruptured arterial aneurysm [15–33]

Препарат	Механизм действия	Недостатки и осложнения
Папаверин	Ингибитор фосфодиэстеразы	Системная гипотензия, нейротоксичность, судорожный синдром, отрицательное влияние на церебральный метаболизм, парадоксальная вазоконстрикция, повышение внутричерепного давления
Нимодипин	Антагонист кальциевых (Ca ²⁺) каналов	Гипотония, повышение внутричерепного давления, снижение сердечного выброса, отек базальных ядер, инфекционные осложнения (при длительной постоянной инфузии)
Никардипин	Антагонист кальциевых (Ca ²⁺) каналов	Системная гипотония
Верапамил	Антагонист кальциевых (Ca ²⁺) каналов	Системная гипотония, брадикардия, повышение внутричерепного давления
Фасудила гидрохлорид	Ингибитор Rho-ассоциированной протеинкиназы	Судорожный синдром, внутричерепное кровоизлияние
Милринон	Ингибитор фосфодиэстеразы	Кардиальные осложнения
Форсколин	Ингибитор фосфодиэстеразы	Головная боль, сердцебиение

ангиографического АС и рентгенологического ангиоспазма, однако его применение может сопровождаться рядом клинически значимых побочных эффектов.

Нимодипин. Одними из первых в литературе результаты применения нимодипина для интраартериального введения при ангиоспазме у пациентов с субарахноидальным кровоизлиянием (САК) представили *Biondi A. et al.* (2004) и *Hui C. et al.* (2005) [40, 41]. *Biondi A. et al.* применяли инфузию нимодипина в ВСА у 25 пациентов с АС вследствие разрыва аневризм сосудов головного мозга [40]. Ангиографическое разрешение АС отметили у 12 больных (48%), клиническое улучшение — у 19 (76%). Спустя 3 месяца после лечения удовлетворительный исход был отмечен у 18 пациентов (72%). Осложнений манипуляции не наблюдали.

Hui C. et al. (2005) представили предварительные результаты применения ХА нимодипином у 9 пациентов, что сопровождалось ангиографическим разрешением АС и не имело побочных осложнений [41].

Hänggi D. et al. (2008) опубликовали результаты лечения 26 пациентов, которым выполняли селективное введение нимодипина в спазмированные артерии, что позволило уменьшить выраженность АС по данным ангиографии у 43% пациентов, добиться клинического улучшения и улучшить церебральную перфузию у 76%. Авторы отметили, что гипотензию после использования нимодипина наблюдали у 6 пациентов, однако это никак не повлияло на исход лечения. По данным авторов, проведение ХА нимодипином было эффективней в сравнении с ХА папаверином [42]. С другой стороны, *Kerz T. et al.* (2012) установили, что интраартериальное введение папаверина приводит к вазодилатации в 100% случаев, в то время как введение нимодипина не вызвало вазодилатации в 16% случаев [43]. Таким образом, данные о сравнительной эффективности нимодипина противоречивы.

По данным *Cho W.S. et al.* (2011), ХА нимодипином была проведена 42 пациентам с АС, что позволило добиться регресса ангиографической картины АС у 50% больных после одного сеанса ХА [44]. Остальным пациентам потребовалось провести 2–3 сеанса ХА. У 82,2% больных отмечали регресс АС, который в 68,3% случаев сопровождался уменьшением неврологического дефицита. Ишемические изменения в веществе головного мозга обнаружили у 21,4% пациентов, летальность составила 2,4%. Осложнений методики, повлиявших на исход лечения, авторы не отмечали.

Kim S.S. et al. (2012) опубликовали результаты ХА нимодипином у 29 пациентов с АС вследствие разрыва ЦА [45]. Внутриаартериальное введение препарата в дозе от 1 до 3 мг у 82% больных сопровождалось расширением спазмированных артерий головного мозга на 40% и более, что приводило к регрессу неврологического дефицита. Однако у одного пациента, несмотря на расширение спазмированной артерии, авторы выявили ухудшение клинического состояния. Исходы лечения в данной статье представлены не были.

Ott S. et al. (2014), используя ХА нимодипином у 30 пациентов с АС вследствие разрыва ЦА, определили, что данный метод введения приводит к улучшению церебральной перфузии и восстановлению напряжения кислорода в ткани мозга [46]. У 83% больных авторы отметили удовлетворительные исходы лечения.

По данным *Narayan V. et al.* (2018), постоянная интраартериальная инфузия нимодипина у пациентов с клиническими признаками ишемии мозга позволила разрешить АС ангиографически в 95,7% случаев и способствовала регрессу клинических признаков АС у 87% пациентов [47].

Несмотря на то, что по данным большинства авторов ХА нимодипином является безопасным и эффективным методом лечения АС у больных с САК вследствие разрыва ЦА головного мозга, некоторые исследователи отметили возможные осложнения при внутриаартериальном введении препарата. Так, *Ryu C.W. et al.* (2011) представили 2 клинических наблюдения, когда внутриаартериальное введение нимодипина сопровождалось отекотом базальных ядер, значительно ухудшившим исходы лечения [22]. *Kieninger M. et al.* (2018) описали следующие негативные последствия у пациентов, получавших постоянную инфузию нимодипина длительное время (более 5 суток): гипотония, требующая коррекции симпатомиметиками, кардиальные осложнения, увеличение числа инфекционных осложнений и повышение ВЧД [24].

По данным *Adami D. et al.* (2019), у пациентов с выраженным АС после разрыва ЦА частота новых ишемических очагов после химиоангиопластики нимодипином в сочетании с ТБА составляет 6%, причем в 3% случаев повторный инсульт связан с последствиями эндоваскулярного лечения, что значительно нивелирует эффективность интервенционного лечения [23].

Таким образом, в настоящий момент накоплено большое количество одноцентровых исследований, показывающих эффективность ХА нимодипином при приемлемом количестве побочных эффектов. Вероятно, требуется проведение мультицентровых рандомизированных исследований для уточнения показаний и методик проведения ХА с использованием данного вазодилататора.

Никардипин. Первые данные об использовании для ХА были опубликованы *Badjatia N. et al.* (2004) [48]. Интраартериальное введение никардипина у

18 пациентов с клиническими и инструментальными признаками АС позволило уменьшить ангиографически выраженный АС у всех пациентов, снизить среднюю линейную скорость кровотока (ЛСК) по СМА с 277,4±80,8 до 212,8±65,7 см/с и добиться улучшения в неврологическом статусе у 42,1% пациентов. Среди нежелательных эффектов авторы отмечали повышение ВЧД у 6 пациентов, причем в 5 случаях подъем удалось быстро скорректировать, что не привело к клиническому ухудшению.

Tejada J.G. et al. (2007) оценили эффективность ХА никардипином у 11 пациентов с выраженным АС и тяжестью состояния при поступлении в стационар по шкале *Hunt-Hess* III–IV ст. [49]. На фоне суперселективного введения препарата в дозе от 10 до 40 мг у всех больных наблюдали положительную ангиографическую динамику АС, а у 10 пациентов из 11 — регресс симптомного АС.

Linfante I. et al. (2008) опубликовали результаты лечения 22 пациентов с АС после разрыва ЦА, которым проводили лечение с использованием баллонной ангиопластики и ХА никардипином. Авторы наблюдали положительный ангиографический эффект у всех пациентов, в 50% наблюдений исход лечения был удовлетворительным. Однако несмотря на эффективность никардипина в лечении АС, внутриаартериальное введение препарата может сопровождаться снижением АД. Повышения ВЧД авторы после ХА не наблюдали [25].

Shah Q.A. et al. (2009) представили результаты комбинированного внутриаартериального введения сульфата магния и никардипина в лечении АС у 14 пациентов с САК [50]. На фоне проводимого лечения исследователи наблюдали положительный ангиографический эффект в 68% случаев. Удовлетворительные результаты лечения были отмечены у 12 пациентов из 14. Осложнений методики не отмечали.

Крупное исследование было опубликовано в 2010 году *Schmidt U. et al.* (2010). Авторы выполняли ХА никардипином, милриноном или в комбинации у 73 пациентов с симптомным АС. Увеличение диаметра спазмированных артерий отмечали у 93% пациентов, внутрибольничная летальность составила 11%. Однако, несмотря на эффективность методики, авторы отмечали развитие гипотонии, потребовавшее использования симпатомиметиков. Сравнительную эффективность милринона и никардипина не проводили [26].

По данным *Rosenberg N. et al.* (2011): внутриаартериальное введение никардипина у 30 пациентов с АС при САК вызывало снижение АД у 44% больных, что требовало терапии симпатомиметиками [27].

Pandey P. et al. (2012) представили результаты лечения симптомного АС у 27 пациентов с разрывом аневризм сосудов головного мозга. Авторам удалось добиться ангиографического разрешения спазма в 86,1% случаев, клинического улучшения — в 81,5%. Удовлетворительный исход при выписке наблюдали в 62,9% случаев [51].

Park E. et al. (2017) выполняли химиоангиопластику с использованием нимодипина или никардипина у 27 пациентов с симптомным АС, что позволило добиться клинического улучшения у 51,9% пациентов. Сравнительную эффективность нимодипина и никардипина не проводили [52].

Таким образом, можно сделать вывод об эффективности никардипина при внутриаартериальном введении для лечения симптомного АС. Тем не менее

данное лечение может сопровождаться повышением ВЧД и нестабильностью гемодинамики.

Верапамил. Впервые результаты применения верапамила в качестве препарата для ХА у 29 пациентов с САК представили *Feng L. et al.* (2002) [53]. Использование верапамила сопровождалось увеличением диаметра спазмированных артерий в среднем на 44% и регрессом неврологических проявлений АС у 29% пациентов. Повышения ВЧД и развития гемодинамических нарушений (брадикардия, гипотензия) авторы не отмечали. Следует отметить, что дозировка введения верапамила в данной работе не превышала 3 мг за процедуру.

Keuskamp J. et al. (2008), изучая введение высоких доз верапамила (более 20 мг за процедуру) у 10 пациентов, показали, что методика не сопровождалась системной гипотонией, повышением ВЧД и способствовала регрессу ангиографической и клинической картины АС [54].

Albanese E. et al. (2010) представили данные применения пролонгированной внутриартериальной инфузии высоких доз верапамила (25–360 мг) у 12 пациентов с клиническими признаками АС. Авторы наблюдали положительный ангиографический эффект в виде полного или частичного разрешения АС у всех пациентов, частота новых ишемических очагов по данным компьютерной томографии (КТ) головного мозга составила 25%, удовлетворительный клинический исход через 6–12 месяцев после кровоизлияния наблюдали у 8 пациентов из 11 [20]. Был отмечен один случай подъема ВЧД выше 20 мм рт.ст. и 2 случая гипотонии, что потребовало временного прекращения инфузии, однако данные осложнения не повлияли на исход лечения.

Stuart R.M. et al. (2011) представили результаты терапии АС у 11 пациентов с массивным САК вследствие разрыва аневризм, находящихся в тяжелом клиническом состоянии (*Hunt-Hess* III–V ст.). Авторы изучали изменение ВЧД и изменения метаболизма в веществе мозга при помощи тканевого микродиализа [55]. На фоне ХА верапамилем отметили повышение ВЧД и концентрации глюкозы в межклеточной жидкости без изменений показателей лактата, пирувата и местного напряжения кислорода в ткани мозга (PbO_2), что свидетельствовало о положительном эффекте методики. У 5 пациентов из 11 наблюдали исход по шкале Рэнкина 1–3-й ст.

Микеладзе К.Г. и соавт. (2018) представили результаты лечения 35 пациентов с разрывом аневризм, которым выполняли ХА верапамилем. Большая часть больных (77,2%) были III–V ст. тяжести по *Hunt-Hess*. Решение о необходимости выполнения ангиопластики принимали при развитии клинических или нарастающих инструментальных признаков АС. Благоприятного исхода лечения удалось достичь у 74,3% пациентов. Неблагоприятный исход отмечали у 11,4% больных. Во всех случаях после сеанса ангиопластики наблюдали уменьшение ЛСК по СМА на 20–40%. Среди осложнений ангиопластики встречали развитие системной гипотензии и брадикардии, повышения ВЧД. У одного больного подъем ВЧД был неконтролируемым, что потребовало выполнения срочной декомпрессивной трепанации черепа [21].

Таким образом, данные о использовании верапамила для ХА у пациентов с разрывом ЦА достаточно лимитированы и представлены небольшими сериями одноцентровых исследований, однако все работы свидетельствуют о положительном эффекте данного препарата при минимальных побочных эффектах.

Фазудил. Первый клинический опыт применения фазудила для ХА представили *Tachibana E. et al.* (1999). Внутриартериальное введение фазудила у 10 пациентов с АС способствовало положительному ангиографическому эффекту у 9 больных из 10, регрессу неврологической симптоматики у 2 симптомных пациентов из 3 и не сопровождалось побочными эффектами [57].

По данным *Tanaka K. et al.* (2005), ХА фазудилом у 23 пациентов с АС вследствие разрыва ЦА способствовала регрессу ангиоспазма в 100% наблюдений, клиническому улучшению — в 44,1% случаев и удовлетворительному исходу лечения — в 65,2% случаев и являлась безопасным [57].

Enomoto Y. et al. (2010) представили результаты лечения АС у 23 пациентов суперселективными внутриартериальными инфузиями фазудила [29]. Постоянная инфузия препарата со скоростью 3 мг/мин позволила добиться регресса явлений симптомного АС у 18 пациентов из 22 и не сопровождалось побочными эффектами, а повышение скорости инфузии вызывало появление судорожного синдрома.

Согласно данным *Iwabuchi S. et al.* (2011), селективное интраартериальное введение фазудила у 90 пациентов позволило разрешить АС ангиографически в 100% наблюдений, являясь безопасным и эффективным в лечении пациентов с АС [58].

Однако *Ishihara M. et al.* (2012) представили клиническое наблюдение массивного внутричерепного кровоизлияния непосредственно после внутриартериального введения фазудила [29].

Nakamura T. et al. (2013) сравнивали суперселективное и неселективное введение фазудила у 20 пациентов с симптомным АС, 11 пациентов с аналогичным клиническим профилем составили группу сравнения. Было установлено, что ХА фазудилом статистически значимо уменьшает выраженность инфаркта по данным КТ головного мозга и клинический исход лечения. Селективная ХА фазудилом имела большую клиническую эффективность, однако частота судорожного синдрома в данной группе пациентов была выше, чем в контрольной группе. Других побочных эффектов отмечено не было [59].

Можно сделать вывод о высокой эффективности использования фазудила для ХА у пациентов с симптомным АС вследствие разрыва ЦА. Среди специфических осложнений отмечено развитие судорожного синдрома.

Милринон. Впервые милринон для интраартериального введения у пациентов с разрывом аневризм был предложен *Arakawa Y. et al.* (2001) [60]. При комбинированном внутриартериальном и внутривенном введении у 7 пациентов авторы наблюдали положительный ангиографический эффект у всех пациентов. Удовлетворительный исход лечения был достигнут у 4 пациентов из 7 [60].

Fratelli A.T. et al. (2008) изучали эффективность ХА милриноном в сочетании с внутривенной инфузией в течение 14 суток у 22 больных с АС вследствие разрыва ЦА [30]. Авторы наблюдали положительный ангиографический эффект у всех пациентов (в 5 наблюдениях потребовались повторные внутриартериальные инфузии). Только в 2 наблюдениях (9%) отмечали неудовлетворительный исход. Среди побочных явлений терапии наблюдали необходимость симпатомиметической поддержки в 2 наблюдениях (9%).

По данным *Shankar J.J. et al.* (2011), комбинация ХА и внутривенной инфузии милринона у 14 пациентов

позволила добиться удовлетворительного ангиографического разрешения АС, не сопровождаясь значимыми побочными эффектами [61].

Имеются данные о комбинированном применении милринона и нимодипина у пациентов с симптомным АС после эндоваскулярного выключения разорвавшихся ЦА. *Sherif C. et al.* (2014) опубликовали результаты комбинированной ХА нимодипином и милриноном у 16 пациентов с симптомным АС вследствие САК, не поддающимся консервативному лечению. Авторы выполняли комбинированное внутриартериальное введение милринона и нимодипина, что позволило добиться регресса АС в 87,5% наблюдений и неврологического улучшения — в 68,5% случаев, и не сопровождалось побочными эффектами [62]. Схожие данные представили *Duman E. et al.* (2017), используя комбинацию нимодипина и милринона у 25 пациентов после эндоваскулярного выключения ЦА, осложнившихся развитием АС. Регресс АС отметили в 24 случаях из 25 (стойкая неврологическая симптоматика вследствие АС развилась только у 1 пациента). Среди осложнений использования методики авторы отметили развитие двух эпизодов тахикардии, которые были купированы и не привели к клиническому ухудшению [31].

Таким образом, в литературе имеется большое количество данных об использовании милринона для профилактики и лечения АС у пациентов с САК, причем многие работы демонстрируют успешное использование комбинации внутриартериального и системного введения, а также комбинацию с другими вазодилаторами при минимальных побочных эффектах.

Форсколин. В литературе прослеживается несколько упоминаний одной группы авторов о применении форсколина у пациентов с разрывом ЦА для внутриартериального введения, которые демонстрируют предварительную клиническую эффективность [32, 63, 64]. *Suzuki S. et al.* (2010) опубликовали результаты внутриартериального применения форсколина у 23 пациентов с разрывом ЦА. Положительный ангиографический эффект наблюдали у 100% пациентов,

регресс неврологической симптоматики — у 86%, удовлетворительный исход лечения — у 66%. В качестве побочных эффектов отмечали развитие головной боли и тахикардии [32]. Та же группа авторов в 2012 году представила результаты профилактического применения для ХА папаверина и форсколина у 231 пациента с разрывом ЦА. Исход лечения и частота симптомного АС не различались в зависимости от применения папаверина или форсколина. Однако авторы отметили, что у пациентов с симптомным АС терапия форсколином позволила статистически значимо улучшить исход лечения (в группе папаверина — 34%, в группе форсколина — 66%) и снизить частоту инфаркта головного мозга по данным МРТ (с 85,2 до 65,1%) [64]. Других данных о применении форсколина в литературе мы не встретили.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эндоваскулярные методики лечения ангиоспазма являются эффективными при медикаментозно «рефрактерном» ангиоспазме.

Баллонная ангиопластика может быть эффективной при выраженном проксимальном спазме (внутренняя сонная артерия, А1 сегмент передней соединительной артерии ПСА, М1 сегмент средней мозговой артерии).

Химиоангиопластика эффективна при более выраженном дистальном спазме.

Большая часть исследований посвящена исследованию эффективности блокаторов кальциевых каналов (верапамил, нимодипин, нифедипин) и папаверина.

Химиоангиопластика папаверином может сопровождаться рядом нейротоксических эффектов (судорожный синдром, неконтролируемая внутричерепная гипертензия) в связи с чем не следует рассматривать данный препарат в качестве «препарата выбора».

Требуется проведение рандомизированных исследований для уточнения показаний и стандартизации методики химиоангиопластики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Zubkov YN, Nikiforov BM, Shustin VA. Balloon catheter technique for dilatation of constricted cerebral arteries after aneurysmal SAH. *Acta neurochirurgica*. 1984;70(1-2):65-79. PMID: 6234754 <https://doi.org/10.1007/BF01406044>
- Jun P, Ko NU, English JD, Dowd CF, Halbach VV, Higashida RT, et al. Endovascular treatment of medically refractory cerebral vasospasm following aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Am J Neuroradiol*. 2010;31(10):1911-1916. PMID: 20616179 <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2183>
- Rahme R, Jimenez L, Pyne-Geithman GJ, Serrone J, Ringer AJ, Zuccarello M, et al. Endovascular management of posthemorrhagic cerebral vasospasm: Indications, technical nuances, and results. *Acta Neurochir Suppl*. 2013;115:107-112. PMID: 22890655 https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1192-5_23
- Zwienenberg-Lee M, Hartman J, Rudisill, Madden LK, Smith K, Eskridge J, et al. Effect of prophylactic transluminal balloon angioplasty on cerebral vasospasm and outcome in patients with Fisher grade III subarachnoid hemorrhage results of a phase II multicenter, randomized, clinical trial. *Stroke*. 2008;39(6):1759-1765. PMID: 18420953 <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.502666>
- Newell DW, Elliott JP, Eskridge JM, Winn HR. Endovascular therapy for aneurysmal vasospasm. *Crit Care Clin*. 1999;15(4):685-699. PMID: 10569116 [https://doi.org/10.1016/s0749-0704\(05\)70082-8](https://doi.org/10.1016/s0749-0704(05)70082-8)
- Patel AS, Griessener CJ, Gupta R, Adeeb N, Foreman PM, Shallwani H, et al. Safety and efficacy of noncompliant balloon angioplasty for the treatment of subarachnoid hemorrhage-induced vasospasm: a multicenter study. *World Neurosurg*. 2017;98:189-197. PMID: 27777162 <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.10.064>
- Schacht H, Küchler J, Boppel T, Leppert J, Ditz C, Schramm P, et al. Transluminal balloon angioplasty for cerebral vasospasm after spontaneous subarachnoid hemorrhage: A single-center experience. *Clini Neurol Neurosurg*. 2020;188:105590. PMID: 31759310 <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2019.105590>
- Li K, Barras CD, Chandra RV, Kok HK, Maingard JT, Carter NS, et al. A review of the management of cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *World Neurosurg*. 2019;126:513-527. PMID: 30898740 <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.03.083>
- Cho WS, Kim JE, Park SQ, Ko JK, Kim DW, Park JC, et al. Korean Clinical Practice Guidelines for Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *J Korean Neurosurg Soc*. 2018;61(2):127-166. PMID: 29526058 <https://doi.org/10.3340/jkns.2017.0404.005>
- Connolly ES, Rabinstein AA, Carhuapoma JR, Derdeyn CP, Dion J, Higashida RT, 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):1711-1737. PMID: 22556195 <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e3182587839>
- Committee for Guidelines for Management of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. Evidence-based guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage. English Edition. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2012;43(6):355-429. PMID: 22912991 <https://doi.org/10.2176/nmc.52.355>
- Eskridge JM, McAuliffe W, Song JK, Deliganis AV, Newell DW, Lewis DH, et al. Balloon angioplasty for the treatment of vasospasm: results of first 50 cases. *Neurosurg*. 1998;42(3):510-517. PMID: 9526985 <https://doi.org/10.1097/00006123-199803000-00016>
- Grande A, Nichols C, Khan U, Pyne-Geithman G, Abruzzo T, Ringer A, et al. Treatment of post-hemorrhagic cerebral vasospasm: role of endovascular therapy. *Acta Neurochir Suppl*. 2011;110(Pt2):127-132. PMID: 21125458 https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0356-2_23
- Andaluz N, Tomsick TA, Tew Jr JM, van Loveren HR, Yeh H-Sh, Zuccarello M. Indications for endovascular therapy for refractory vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: experience at the University of Cincinnati. *Surgical Neurol*. 2002;58(2):131-138. PMID: 12453652 [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(02\)00789-9](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(02)00789-9)

15. Калинин А.А., Петриков С.С. Химиоангиопластика в лечении сосудистого спазма у пациентов с разрывами аневризм артерий головного мозга. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2017;11(3):60–67. <https://doi.org/10.18454/ACEN.2017.3.9>
16. Firlik KS, Kaufmann AM, Firlik AD, Jungreis CA, Yonas H. Intra-arterial papaverine for the treatment of cerebral vasospasm following aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Surg Neurol*. 1999;51(1):66–74. PMID: 9952126 [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(97\)00370-4](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(97)00370-4)
17. Tsurushima H, Kamezaki T, Nagatomo Y, Hyodo A, Nose T. Complications Associated with Intraarterial Administration of Papaverine for Vasospasm Following Subarachnoid Hemorrhage. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2000;40(2):112–115. PMID: 10786100 <https://doi.org/10.2176/nmc.40.112>
18. McAuliffe W, Townsend M, Eskridge JM, Newell DW, Grady MS, Winn HR. Intracranial pressure changes caused during papaverine infusion for treatment of vasospasm. *J Neurosurg*. 1995;83(3):430–434. PMID: 7666218 <https://doi.org/10.3171/jns.1995.83.3.0430>
19. Carhuapoma JR, Qureshi AI, Tamargo RJ, Mathis JM, Hanley DF. Intra-arterial papaverine-induced seizures: case report and literature review. *Surg Neurol*. 2001;56(3):159–163. PMID: 11597640 [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(01\)00450-5](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(01)00450-5)
20. Albanese E, Russo A, Quiroga M, Willis JrRN, Mericle RA, Ulm AJ. Ultrahigh-dose intraarterial infusion of verapamil through an indwelling microcatheter for medically refractory severe vasospasm: initial experience. *J Neurosurg*. 2010;113(4):913–922. PMID: 19877802 <https://doi.org/10.3171/2009.9.JNS0997>
21. Микеладзе К.Г., Окишев Д.Н., Белоусова О.Б., Коновалов А.Н., Пилипенко Ю.В., Хейредин А.С., и др. Интраартериальное введение верапамила для профилактики и лечения церебрального ангиоспазма после САК вследствие разрыва аневризм сосудов головного мозга. *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. 2018;4(4):23–31.
22. Ryu CW, Koh JS, Yu SY, Kim EJ. Vasogenic edema of the Basal Ganglia after intra-arterial administration of nimodipine for treatment of vasospasm. *J Korean Neurosurg Soc*. 2011;49(2):112–115. PMID: 21519500 <https://doi.org/10.3340/jkns.2011.49.2.112>
23. Adami D, Berkefeld J, Platz J, Konzalla J, Pfeilschifter W, Weidauer S, et al. Complication rate of intraarterial treatment of severe cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage with nimodipine and percutaneous transluminal balloon angioplasty: Worth the risk? *J Neuroradiology*. 2019;46(1):15–24. <https://doi.org/10.1016/j.neurad.2018.04.001>
24. Kieninger M, Flessa J, Lindenberg N, Bele S, Redel A, Schneider A, et al. Side effects of long-term continuous intra-arterial nimodipine infusion in patients with severe refractory cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2018;28(1):65–76. PMID: 28685393 <https://doi.org/10.1007/s12028-017-0428-1>
25. Linfante I, Delgado-Mederos R, Andreone V, Gounis M, Hendriks L, Wakhloo AK. Angiographic and hemodynamic effects of high concentration of intra-arterial nicardipine in cerebral vasospasm. *Neurosurgery*. 2008;63(6):1080–1086. PMID: 19057319 <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000327698.66596.35>
26. Schmidt U, Bittner E, Pivi S, Marota JA. Hemodynamic management and outcome of patients treated for cerebral vasospasm with intraarterial nicardipine and/or milrinone. *Anesth Analg*. 2010;110(3):895–902. PMID: 20185665 <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181cc9ed8>
27. Rosenberg N, Lazzaro MA, Lopes DK, Prabhakaran S. High-dose intra-arterial nicardipine results in hypotension following vasospasm treatment in subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2011;15(3):400–404. PMID: 21468780 <https://doi.org/10.1007/s12028-011-9537-4>
28. Enomoto Y, Yoshimura S, Yamada K, Iwama T. Convulsion during intraarterial infusion of fasudil hydrochloride for the treatment of cerebral vasospasm following subarachnoid hemorrhage. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2010;50(1):7–11. PMID: 20098018 <https://doi.org/10.2176/nmc.50.7>
29. Ishihara M, Yamanaka K, Nakajima S, Yamasaki M. Intracranial hemorrhage after intra-arterial administration of fasudil for treatment of cerebral vasospasm following subarachnoid hemorrhage: a serious adverse event. *Neuroradiology*. 2012;54(1):73–75. PMID: 21431852 <https://doi.org/10.1007/s00234-011-0856-0>
30. Fraticelli AT, Cholley BP, Losser MR, Saint Maurice J-P, Payen D. Milrinone for the treatment of cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke*. 2008; 39(3):893–898. PMID: 18239182 <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.492447>
31. Duman E, Karakoç F, Pinar HU, Dogan R, Firat A, Yıldırım E. Higher dose intra-arterial milrinone and intra-arterial combined milrinone-nimodipine infusion as a rescue therapy for refractory cerebral vasospasm. *Interv Neurol*. 2017;23(6):636–643. PMID: 28956512 <https://doi.org/10.1177/1591019917732288>
32. Suzuki S, Ito O, Sayama T, Goto K. Intra-arterial colforsin daropate for the treatment of cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neuroradiology*. 2010;52(9):837–845. PMID: 19953235 <https://doi.org/10.1007/s00234-009-0631-7>
33. Kassel NF, Helm G, Simmons N, Phillips CD, Cail WS. Treatment of cerebral vasospasm with intra-arterial papaverine. *J Neurosurg*. 1992;77(6):848–852. PMID: 1432125 <https://doi.org/10.3171/jns.1992.77.6.0848>
34. Kaku Y, Yonekawa Y, Tsukahara T, Kazekawa K. Superselective intra-arterial infusion of papaverine for the treatment of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg*. 1992;77(6):842–847. PMID: 1432124 <https://doi.org/10.3171/jns.1992.77.6.0842>
35. Clouston JE, Numaguchi Y, Zoarski GH, Aldrich EF, Simard JM, Zitnay KM. Intraarterial papaverine infusion for cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1995;16(1):27–38. PMID: 7900600
36. Sawada M, Hashimoto N, Tsukahara T, Nishi S, Kaku Y, Yoshimura S. Effectiveness of intra-arterially infused papaverine solutions of various concentrations for the treatment of cerebral vasospasm. *Acta Neurochir (Wien)*. 1997;139(8):706–711. PMID: 9309284 <https://doi.org/10.1007/BF01420042>
37. Polin RS, Hansen CA, German P, Chaddock JB, Kassel NF. Intra-arterially administered papaverine for the treatment of symptomatic cerebral vasospasm. *Neurosurgery*. 1998;42(6):1256–1267. PMID: 9632183 <https://doi.org/10.1097/00006123-199806000-00051>
38. Smith WS, Dowd CF, Johnston SC, Ko NU, DeArmond SJ, Dillon WP, et al. Neurotoxicity of intra-arterial papaverine preserved with chlorobutanol used for the treatment of cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke*. 2004;35(11):2518–2522. PMID: 15472097 <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000144682.00822.83>
39. Hosmann A, Wang WT, Dodier P, Bavinzski G, Engel A, Herta J, et al. The Impact of Intra-Arterial Papaverine-Hydrochloride on Cerebral Metabolism and Oxygenation for Treatment of Delayed-Onset Post-Subarachnoid Hemorrhage Vasospasm. *Neurosurgery*. 2019;87(4):712–719. PMID: 31792510 <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz500>
40. Biondi A, Ricciardi GK, Puybasset L, Abdennour L, Longo M, Chiras J, et al. Intra-arterial nimodipine for the treatment of symptomatic cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: preliminary results. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004;25(6):1067–1076. PMID: 15205150
41. Hui C, Lau KP. Efficacy of intra-arterial nimodipine in the treatment of cerebral vasospasm complicating subarachnoid haemorrhage. *Clinical radiology*. 2005;60(9):1030–1036. PMID: 16124986 <https://doi.org/10.1016/j.crad.2005.04.004>
42. Hänggi D, Turowski B, Beseoglu K, Yong M, Steiger HJ. Intra-arterial nimodipine for severe cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: influence on clinical course and cerebral perfusion. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008;29(6):1053–1060. PMID: 18372422 <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1005>
43. Kerz T, Boor S, Beyer C, Welschehold S, Schuessler A, Oertel J. Effect of intraarterial papaverine or nimodipine on vessel diameter in patients with cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Br J of Neurosurgery*. 2012;26(4):517–524. PMID: 22303863 <https://doi.org/10.3109/02688697.2011.650737>
44. Cho WS, Kang HS, Kim JE, Kwon O-K, Oh CW, Son YJ, et al. Intra-arterial nimodipine infusion for cerebral vasospasm in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Interv Neuroradiol*. 2011;17(2):169–178. PMID: 21696654 <https://doi.org/10.1177/159101991101700205>
45. Kim SS, Dong-Hyuk P, Dong-Jun L, Kang SH, Chung YG. Angiographic Features and Clinical Outcomes of Intra-Arterial Nimodipine Injection in Patients with Subarachnoid Hemorrhage-Induced Vasospasm. *J Korean Neurosurg Soc*. 2012;52(3):172–178. PMID: 23115657 <https://doi.org/10.3340/jkns.2012.52.3.172>
46. Ott S, Jedlicka S, Wolf S, Peter M, Pudenz C, Merker P, et al. Continuous selective intra-arterial application of nimodipine in refractory cerebral vasospasm due to aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Biomed Res Int*. 2014;2014:970741. PMID: 24527461 <https://doi.org/10.1155/2014/970741>
47. Narayan V, Pendharkar H, Devi BI, Bhat DI, Shukla DP. Aggressive management of vasospasm with direct intra-arterial nimodipine therapy. *Neurol India*. 2018;66(2):416–422. PMID: 29547164 <https://doi.org/10.4103/0028-3886.227295>
48. Badjatia N, Topcuoglu MA, Pryor JC, Rabinov JD, Ogilvy CS, Carter BS, et al. Preliminary experience with intra-arterial nicardipine as a treatment for cerebral vasospasm. *ANJR Am J Neuroradiol*. 2004;25(5):819–826. PMID: 15140728
49. Tejada JG, Taylor RA, Ugurel MS, Hayakawa M, Lee SK, Chaloupka JC. Safety and feasibility of intra-arterial nicardipine for the treatment of subarachnoid hemorrhage-related vasospasm: initial clinical experience with high-dose infusions. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2007;28(5):844–848. PMID: 17494654
50. Shah QA, Memon MZ, Suri MF, Rodriguez GJ, Kozak OS, Taylor RA, et al. Super-selective intra-arterial magnesium sulfate in combination with nicardipine for the treatment of cerebral vasospasm in patients with subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2009;11(2):190–198. PMID: 19370322 <https://doi.org/10.1007/s12028-009-9209-9>
51. Pandey P, Steinberg GK, Dodd R, Do HM, Marks MP. A simplified method for administration of intra-arterial nicardipine for vasospasm with cervical catheter infusion. *Neurosurgery*. 2012;71(1 Suppl Operative):77–85. PMID: 22105209 <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3182426257>
52. Park ES, Kim DW, Kang SD. Endovascular treatment of symptomatic vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a three-year

- experience. *J Cerebrovasc Endovascular Neurosurgery*. 2017;19(3):155–161. PMID: 29159148 <https://doi.org/10.7461/jcen.2017.19.3.155>
53. Feng L, Fitzsimmons BF, Young WL, Berman MF, Lin E, Aagaard BD, et al. Intra-administered verapamil as adjunct therapy for cerebral vasospasm: safety and 2-year experience. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2002;23(8):1284–1290. PMID: 12223366
 54. Keuskamp J, Murali R, Chao KH. High-dose intraarterial verapamil in the treatment of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage aneurysm. *J Neurosurg*. 2008;108(5):458–463. PMID: 18312091 <https://doi.org/10.3171/JNS.2008.108.5.0458>
 55. Stuart RM, Helbok R, Kurtz P, Schmidt M, Fernandez L, Lee K, et al. High-dose intra-arterial verapamil for the treatment of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage: prolonged effects on hemodynamic parameters and brain metabolism. *Neurosurgery*. 2011;68(2):337–345. PMID: 21135735 <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e318201be47>
 56. Tachibana E, Harada T, Shibuya M, Saito K, Takayasu M, Suzuki Y, et al. Intra-arterial infusion of fasudil hydrochloride for treating vasospasm following subarachnoid haemorrhage. *Acta Neurochir (Wien)*. 1999;141(1):13–19. PMID: 10071681 <https://doi.org/10.1007/s007010050260>
 57. Tanaka K, Minami H, Kota M, Kuwamura K, Kohmura E. Treatment of cerebral vasospasm with intra-arterial fasudil hydrochloride. *Neurosurgery*. 2005;56(2):214–223. PMID: 15670369 <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000147975.24556.bc>
 58. Iwabuchi S, Yokouchi T, Hayashi M, Sato K, Saito N, Hirata Y, et al. Intra-arterial Administration of Fasudil Hydrochloride for Vasospasm Following Subarachnoid Haemorrhage: Experience of 90 Cases. *Acta Neurochir*. 2011;110(2):179–181. PMID: 21125468 https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0356-2_33
 59. Nakamura T, Matsui T, Hosono A, Okano A, Fujisawa N, Tsuchiya T, et al. Beneficial effect of selective intra-arterial infusion of fasudil hydrochloride as a treatment of symptomatic vasospasm following SAH. *Acta Neurochir Suppl*. 2013;115:81–85. PMID: 22890650 https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1192-5_18
 60. Arakawa Y, Kikuta K, Hojo M, Goto Y, Ishii A, Yamagata S. Milrinone for the treatment of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage: report of seven cases. *Neurosurgery*. 2001;48(4):723–730. PMID: 11322452 <https://doi.org/10.1097/00006123-200104000-00004>
 61. Shankar JJ, dos Santos MP, Deus-Silva L, Lum C. Angiographic evaluation of the effect of intra-arterial milrinone therapy in patients with vasospasm from aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neuroradiology*. 2011;53(2):123–128. PMID: 20549498 <https://doi.org/10.1007/s00234-010-0720-7>
 62. Sherif C, Wambacher B, Loyoddin M, Karaic R, Krafft P, Valentin A, et al. Repeated combined endovascular therapy with milrinone and nimodipine for the treatment of severe vasospasm: preliminary results. *Acta Neurochir Suppl*. 2015;120:203–207. PMID: 25366625 https://doi.org/10.1007/978-3-319-04981-6_35
 63. Suzuki S, Ito O, Sayama T, Yamaguchi S, Goto K, Sasaki T. Intraarterial injection of colforsin daropate hydrochloride for the treatment of vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: preliminary report of two cases. *Neuroradiology*. 2006;48(1):50–53. PMID: 16261335 <https://doi.org/10.1007/s00234-005-0014-7>
 64. Suzuki S, Sato M, Ota S, Fukushima T, Ota A, Ota T, et al. Intraarterial colforsin may improve the outcome of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a retrospective study. *World Neurosurg*. 2012;78(3–4):295–259. PMID: 22120553 <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2011.10.046>
- first 50 cases. *Neurosurg*. 1998;42(3):510–517. PMID: 9526985 <https://doi.org/10.1097/00006123-199803000-00016>
13. Grande A, Nichols C, Khan U, Pyne-Geithman G, Abruzzo T, Ringer A, et al. Treatment of post-hemorrhagic cerebral vasospasm: role of endovascular therapy. *Acta Neurochir Suppl*. 2011;110(Pt2):127–132. PMID: 21125458 https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0356-2_23
 14. Andaluz N, Tomsick TA, Tew Jr JM, van Loveren HR, Yeh H-Sh, Zuccarello M. Indications for endovascular therapy for refractory vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: experience at the University of Cincinnati. *Surgical Neurol*. 2002;58(2):131–138. PMID: 12453652 [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(02\)00789-9](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(02)00789-9)
 15. Kalinkin AA, Petrikov SS. Chemical angioplasty for the treatment of cerebral vasospasm in patients with ruptured cerebral aneurysm. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2017;11(3):60–67. (in Russ.) <https://doi.org/10.18454/ACEN.2017.3.9>
 16. Firlik KS, Kaufmann AM, Firlik AD, Jungreis CA, Yonas H. Intra-arterial papaverine for the treatment of cerebral vasospasm following aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Surg Neurol*. 1999;51(1):66–74. PMID: 9952126 [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(97\)00370-4](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(97)00370-4)
 17. Tsurushima H, Kamezaki T, Nagatomo Y, Hyodo A, Nose T. Complications Associated with Intraarterial Administration of Papaverine for Vasospasm Following Subarachnoid Hemorrhage. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2000;40(2):112–115. PMID: 10786100 <https://doi.org/10.2176/nmc.40.112>
 18. McAuliffe W, Townsend M, Eskridge JM, Newell DW, Grady MS, Winn HR. Intracranial pressure changes caused during papaverine infusion for treatment of vasospasm. *J Neurosurg*. 1995;83(3):430–434. PMID: 7666218 <https://doi.org/10.3171/jns.1995.83.3.0430>
 19. Carhuapoma JR, Qureshi AI, Tamargo RJ, Mathis JM, Hanley DF. Intra-arterial papaverine-induced seizures: case report and literature review. *Surg Neurol*. 2001;56(3):159–163. PMID: 11597640 [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(01\)00450-5](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(01)00450-5)
 20. Albanese E, Russo A, Quiroga M, Willis Jr RN, Mericle RA, Ulm AJ. Ultrahigh-dose intraarterial infusion of verapamil through an indwelling microcatheter for medically refractory severe vasospasm: initial experience. *J Neurosurg*. 2010;113(4):913–922. PMID: 19877802 <https://doi.org/10.3171/2009.9.JNS0997>
 21. Mikeladze KG, Okishev DN, Belousova OB, Kononov AN, Pilipenko IuV, Kheireddin AS, et al. Intra-arterial administration of verapamil for prevention and treatment of cerebral angiospasm after SAH due to cerebral aneurysm rupture. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2018;82(4):23–31. (in Russ.) <https://doi.org/10.17116/neiro201882423>
 22. Ryu CW, Koh JS, Yu SY, Kim EJ. Vasogenic edema of the Basal Ganglia after intra-arterial administration of nimodipine for treatment of vasospasm. *J Korean Neurosurg Soc*. 2011;49(2):112–115. PMID: 21519500 <https://doi.org/10.3340/jkns.2011.49.2.112>
 23. Adami D, Berkefeld J, Platz J, Konzalla J, Pfeilschifter W, Weidauer S, et al. Complication rate of intraarterial treatment of severe cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage with nimodipine and percutaneous transluminal balloon angioplasty: Worth the risk? *J Neuroradiology*. 2019;46(1):15–24. <https://doi.org/10.1016/j.neurad.2018.04.001>

24. Kieninger M, Flessa J, Lindenberg N, Bele S, Redel A, Schneiker A, et al. Side effects of long-term continuous intra-arterial nimodipine infusion in patients with severe refractory cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit care*. 2018;28(1):65–76. PMID: 28685393 <https://doi.org/10.1007/s12028-017-0428-1>
25. Linfante I, Delgado-Mederos R, Andreone V, Gounis M, Hendriks L, Wakhloo AK. Angiographic and hemodynamic effects of high concentration of intra-arterial nicardipine in cerebral vasospasm. *Neurosurgery*. 2008;63(6):1080–1086. PMID: 19057319 <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000327698.66596.35>
26. Schmidt U, Bittner E, Pivi S, Marota JA. Hemodynamic management and outcome of patients treated for cerebral vasospasm with intraarterial nicardipine and/or milrinone. *Anesth Analg*. 2010;110(3):895–902. PMID: 20185665 <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181cc9ed8>
27. Rosenberg N, Lazzaro MA, Lopes DK, Prabhakaran S. High-dose intra-arterial nicardipine results in hypotension following vasospasm treatment in subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2011;15(3):400–404. PMID: 21468780 <https://doi.org/10.1007/s12028-011-9537-4>
28. Enomoto Y, Yoshimura S, Yamada K, Iwama T. Convulsion during intraarterial infusion of fasudil hydrochloride for the treatment of cerebral vasospasm following subarachnoid hemorrhage. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2010;50(1):7–11. PMID: 20098018 <https://doi.org/10.2176/nmc.50.7>
29. Ishihara M, Yamanaka K, Nakajima S, Yamasaki M. Intracranial hemorrhage after intra-arterial administration of fasudil for treatment of cerebral vasospasm following subarachnoid hemorrhage: a serious adverse event. *Neuroradiology*. 2012;54(1):73–75. PMID: 21431852 <https://doi.org/10.1007/s00234-011-0856-0>
30. Fraticelli AT, Cholley BP, Lossner MR, Saint Maurice J-P, Payen D. Milrinone for the treatment of cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke*. 2008; 39(3):893–898. PMID: 18239182 <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.492447>
31. Duman E, Karakoç F, Pinar HU, Dogan R, Fırat A, Yıldırım E. Higher dose intra-arterial milrinone and intra-arterial combined milrinone-nimodipine infusion as a rescue therapy for refractory cerebral vasospasm. *Interv Neuroradiol*. 2017;23(6):636–643. PMID: 28956512 <https://doi.org/10.1177/1591019917732288>
32. Suzuki S, Ito O, Sayama T, Goto K. Intra-arterial colforsin daropate for the treatment of cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neuroradiology*. 2010;52(9):837–845. PMID: 19953235 <https://doi.org/10.1007/s00234-009-0631-7>
33. Kassel NF, Helm G, Simmons N, Phillips CD, Cail WS. Treatment of cerebral vasospasm with intra-arterial papaverine. *J Neurosurg*. 1992;77(6):848–852. PMID: 1432125 <https://doi.org/10.3171/jns.1992.77.6.0848>
34. Kaku Y, Yonekawa Y, Tsukahara T, Kazekawa K. Superselective intra-arterial infusion of papaverine for the treatment of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg*. 1992;77(6):842–847. PMID: 1432124 <https://doi.org/10.3171/jns.1992.77.6.0842>
35. Clouston JE, Numaguchi Y, Zoarski GH, Aldrich EF, Simard JM, Zitnay KM. Intraarterial papaverine infusion for cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1995;16(1):27–38. PMID: 7900600
36. Sawada M, Hashimoto N, Tsukahara T, Nishi S, Kaku Y, Yoshimura S. Effectiveness of intra-arterially infused papaverine solutions of various concentrations for the treatment of cerebral vasospasm. *Acta Neurochir (Wien)*. 1997;139(8):706–711. PMID: 9309284 <https://doi.org/10.1007/BF01420042>
37. Polin RS, Hansen CA, German P, Chaddock JB, Kassel NF. Intra-arterially administered papaverine for the treatment of symptomatic cerebral vasospasm. *Neurosurgery*. 1998;42(6):1256–1267. PMID: 9632183 <https://doi.org/10.1097/00006123-199806000-00031>
38. Smith WS, Dowd CF, Johnston SC, Ko NU, DeArmond SJ, Dillon WP, et al. Neurotoxicity of intra-arterial papaverine preserved with chlorobutanol used for the treatment of cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke*. 2004;35(11):2518–2522. PMID: 15472097 <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000144682.00822.83>
39. Hosmann A, Wang WT, Dodier P, Bavinski G, Engel A, Herta J, et al. The Impact of Intra-Arterial Papaverine-Hydrochloride on Cerebral Metabolism and Oxygenation for Treatment of Delayed-Onset Post-Subarachnoid Hemorrhage Vasospasm. *Neurosurgery*. 2019;87(4):712–719. PMID: 31792510 <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz500>
40. Biondi A, Ricciardi GK, Puybasset L, Abdennour L, Longo M, Chiras J, et al. Intra-arterial nimodipine for the treatment of symptomatic cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: preliminary results. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004;25(6):1067–1076. PMID: 15205150
41. Hui C, Lau KP. Efficacy of intra-arterial nimodipine in the treatment of cerebral vasospasm complicating subarachnoid haemorrhage. *Clinical radiology*. 2005;60(9):1030–1036. PMID: 16124986 <https://doi.org/10.1016/j.crad.2005.04.004>
42. Hänggi D, Turowski B, Beseoglu K, Yong M, Steiger HJ. Intra-arterial nimodipine for severe cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: influence on clinical course and cerebral perfusion. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008;29(6):1053–1060. PMID: 18372422 <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1005>
43. Kerz T, Boor S, Beyer C, Welschhold S, Schuessler A, Oertel J. Effect of intraarterial papaverine or nimodipine on vessel diameter in patients with cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Br J of Neurosurgery*. 2012;26(4):517–524. PMID: 22303863 <https://doi.org/10.3109/02688697.2011.650737>
44. Cho WS, Kang HS, Kim JE, Kwon O-K, Oh CW, Son YJ, et al. Intra-arterial nimodipine infusion for cerebral vasospasm in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Interv Neuroradiol*. 2011;17(2):169–178. PMID: 21696654 <https://doi.org/10.1177/159101991101700205>
45. Kim SS, Dong-Hyuk P, Dong-Jun L, Kang SH, Cho TH, Chung YG. Angiographic Features and Clinical Outcomes of Intra-Arterial Nimodipine Injection in Patients with Subarachnoid Hemorrhage-Induced Vasospasm. *J Korean Neurosurg Soc*. 2012;52(3):172–178. PMID: 23115657 <https://doi.org/10.3340/jkns.2012.52.3.172>
46. Ott S, Jedlicka S, Wolf S, Peter M, Pudek C, Merker P, et al. Continuous selective intra-arterial application of nimodipine in refractory cerebral vasospasm due to aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Biomed Res Int*. 2014;2014:970741. PMID: 24527461 <https://doi.org/10.1155/2014/970741>
47. Narayan V, Pendharkar H, Devi BI, Bhat DI, Shukla DP. Aggressive management of vasospasm with direct intra-arterial nimodipine therapy. *Neurol India*. 2018;66(2):416–422. PMID: 29547164 <https://doi.org/10.4103/0028-3886.227295>
48. Badjatia N, Topcuoglu MA, Pryor JC, Rabinov JD, Ogilvy CS, Carter BS, et al. Preliminary experience with intra-arterial nicardipine as a treatment for cerebral vasospasm. *ANJR Am J Neuroradiol*. 2004;25(5):819–826. PMID: 15140728
49. Tejada JG, Taylor RA, Ugurel MS, Hayakawa M, Lee SK, Chaloupka JC. Safety and feasibility of intra-arterial nicardipine for the treatment of subarachnoid hemorrhage-related vasospasm: initial clinical experience with high-dose infusions. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2007;28(5):844–848. PMID: 17494654
50. Shah QA, Memon MZ, Suri MF, Rodriguez GJ, Kozak OS, Taylor RA, et al. Super-selective intra-arterial magnesium sulfate in combination with nicardipine for the treatment of cerebral vasospasm in patients with subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2009;11(2):190–198. PMID: 19370322 <https://doi.org/10.1007/s12028-009-9209-9>
51. Pandey P, Steinberg GK, Dodd R, Do HM, Marks MP. A simplified method for administration of intra-arterial nicardipine for vasospasm with cervical catheter infusion. *Neurosurgery*. 2012;71(1 Suppl Operative):77–85. PMID: 22105209 <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3182426257>
52. Park ES, Kim DW, Kang SD. Endovascular treatment of symptomatic vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a three-year experience. *J Cerebrovasc Endovascular Neurosurgery*. 2017;19(3):155–161. PMID: 29159148 <https://doi.org/10.7461/jcen.2017.19.3.155>
53. Feng L, Fitzsimmons BF, Young WL, Berman MF, Lin E, Aagaard BD, et al. Intra-administered verapamil as adjunct therapy for cerebral vasospasm: safety and 2-year experience. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2002;23(8):1284–1290. PMID: 12223566
54. Keuskamp J, Murali R, Chao KH. High-dose intraarterial verapamil in the treatment of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage aneurysm. *J Neurosurg*. 2008;108(3):458–463. PMID: 18312091 <https://doi.org/10.3171/JNS/2008/108/3/0458>
55. Stuart RM, Helbok R, Kurtz P, Schmidt M, Fernandez L, Lee K, et al. High-dose intra-arterial verapamil for the treatment of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage: prolonged effects on hemodynamic parameters and brain metabolism. *Neurosurgery*. 2011;68(2):337–345. PMID: 21135735 <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e318201be47>
56. Tachibana E, Harada T, Shibuya M, Saito K, Takayasu M, Suzuki Y, et al. Intra-arterial infusion of fasudil hydrochloride for treating vasospasm following subarachnoid haemorrhage. *Acta Neurochir (Wien)*. 1999;141(1):13–19. PMID: 10071681 <https://doi.org/10.1007/s007010050260>
57. Tanaka K, Minami H, Kota M, Kuwamura K, Kohmura E. Treatment of cerebral vasospasm with intra-arterial fasudil hydrochloride. *Neurosurgery*. 2005;56(2):214–223. PMID: 15670369 <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000147975.24556.bc>
58. Iwabuchi S, Yokouchi T, Hayashi M, Sato K, Saito N, Hirata Y, et al. Intra-arterial Administration of Fasudil Hydrochloride for Vasospasm Following Subarachnoid Haemorrhage: Experience of 90 Cases. *Acta Neurochir*. 2011;110(2):179–181. PMID: 21125468 https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0356-2_33
59. Nakamura T, Matsui T, Hosono A, Okano A, Fujisawa N, Tsuchiya T, et al. Beneficial effect of selective intra-arterial infusion of fasudil hydrochloride as a treatment of symptomatic vasospasm following SAH. *Acta Neurochir Suppl*. 2013;115:81–85. PMID: 22890650 https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1192-5_18
60. Arakawa Y, Kikuta K, Hojo M, Goto Y, Ishii A, Yamagata S. Milrinone for the treatment of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage: report of seven cases. *Neurosurgery*. 2001;48(4):723–730. PMID: 11322432 <https://doi.org/10.1097/00006123-200104000-00004>
61. Shankar JJ, dos Santos MP, Deus-Silva L, Lum C. Angiographic evaluation of the effect of intra-arterial milrinone therapy in patients with vasospasm from aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neuroradiology*. 2011;53(2):123–128. PMID: 20549498 <https://doi.org/10.1007/s00234-010-0720-7>

62. Sherif C, Wambacher B, Loyoddin M, Karaic R, Krafft P, Valentin A, et al. Repeated combined endovascular therapy with milrinone and nimodipine for the treatment of severe vasospasm: preliminary results. *Acta Neurochir Suppl.* 2015;120:203–207. PMID: 25366625 https://doi.org/10.1007/978-3-319-04981-6_35
63. Suzuki S, Ito O, Sayama T, Yamaguchi S, Goto K, Sasaki T. Intraarterial injection of colforsin daropate hydrochloride for the treatment of vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: preliminary report of two cases. *Neuroradiology.* 2006;48(1):50–53. PMID: 16261335 <https://doi.org/10.1007/s00234-005-0014-7>
64. Suzuki S, Sato M, Ota S, Fukushima T, Ota A, Ota T, et al. Intraarterial colforsin may improve the outcome of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a retrospective study. *World Neurosurg.* 2012;78(3–4):295–259. PMID: 22120553 <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2011.10.046>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Природов Александр Владиславович

доктор медицинских наук, заведующий нейрохирургическим отделением ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского», профессор кафедры нейрохирургии и нейрореанимации ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова»;

<https://orcid.org/0000-0003-2444-8136>, aprirodov@yandex.ru;

50%: редактирование текста статьи

Бахарев Евгений Юрьевич

кандидат медицинских наук, врач нейрохирург нейрохирургического отделения ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского»;

<https://orcid.org/0000-0003-1525-1585>, ads_nvz@mail.ru;

30%: написание и редактирование текста статьи

Калинкин Александр Александрович

кандидат медицинских наук, врач нейрохирург нейрохирургического отделения ФГБУ «ФНКЦ ФМБА России»;

aleksandr_kalinkin27@mail.ru;

20%: написание текста статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Endovascular Methods of Prevention and Treatment of Vascular Spasm Due to Rupture of Cerebral Aneurysms: Pros and Cons

A.V. Prirodov^{1,2}, E.Yu. Bakharev¹ ✉, A.A. Kalinkin³

Neurosurgical Department

¹ N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Healthcare Department

² Bolshaya Sukharevskaya Square, Moscow 129090, Russian Federation

³ A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry of the Ministry of Health of the Russian Federation

20, bldg. 1 Delegatskaya St., Moscow 127473, Russian Federation

³ Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Aid and Medical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia
28 Orekhovy Boulevard, Moscow 115682, Russian Federation

✉ **Contacts:** Evgeny Yu. Bakharev, Candidate of Medical Sciences, Neurosurgeon of the Neurosurgical Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department. Email: ads_nvz@mail.ru

ABSTRACT This review highlights current approaches to endovascular therapy of cerebral angiospasm in non-traumatic subarachnoid hemorrhage due to a ruptured cerebral aneurysm (CA). The main clinical guidelines for the management of patients with CA rupture are highlighted, clinical studies on the use of balloon angioplasty, intra-arterial administration of various vasodilators are presented, the advantages and complications of using various techniques are described.

Keywords: cerebral aneurysm, nontraumatic subarachnoid hemorrhage, cerebral angiospasm, endovascular treatment, balloon angioplasty, chemoangioplasty

For citation Prirodov AV, Bakharev EYu, Kalinkin AA. Endovascular Methods of Prevention and Treatment of Vascular Spasm Due to Rupture of Cerebral Aneurysms: Pros and Cons. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care.* 2021;10(4):750–759. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-750-759> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study has no sponsorship

Affiliations

Aleksandr V. Prirodov

Doctor of Medical Sciences, Head of the Neurosurgical Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Professor of the Department of Neurosurgery and Neuroresuscitation, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry;

<https://orcid.org/0000-0003-2444-8136>, aprirodov@yandex.ru;

50%, editing the text of the article

Evgeny Yu. Bakharev

Candidate of Medical Sciences, neurosurgeon, Neurosurgical Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine;

<https://orcid.org/0000-0003-1525-1585>, ads_nvz@mail.ru;

30%, writing and editing the text of the article

Aleksandr A. Kalinkin

Candidate of Medical Sciences, Neurosurgeon of the Neurosurgical Department of Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Aid and Medical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;

aleksandr_kalinkin27@mail.ru;

20%, writing the text of the article

Received on 29.04.2020

Review completed on 08.06.2020

Accepted on 28.09.2021

Поступила в редакцию 29.04.2020

Рецензирование завершено 08.06.2020

Принята к печати 28.09.2021