АНГИОГРАФИЧЕСКАЯ СЕМИОТИКА ПОРАЖЕНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ

*М.Ю. Володюхин – к.м.н., зав.отд. РХМДиЛ

ГАУЗ Межрегиональный клинико-диагностический центр
420101 Россия, г. Казань ул.Карбышева, 12 а

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- Церебральная ангиография
- ишемический инсульт

РЕЗЮМЕ:

Цель: представить литературный обзор и собственные наблюдения по рентгенангиографической семиотике поражений интракраниальных артерий у пациентов с острым ишемическим инсультом.

Материалы и методы: в данной работе представлены клинические примеры применения внутриартериальных методов реваскуляризации у пациентов с острым ишемическим инсультом, выполненные в период с 2007 по 2014 гг. в ГАУЗ «Межрегиональный клинико-диагностический центр» города Казани.

Результаты и выводы: при выполнении ангиографии у пациентов в остром периоде ишемического инсульта необходимо выполнять оценку ангиограмм в артериальную, паренхиматозную и венозную фазы. Степень восстановления кровотока после внутрисосудистой реперфузионной терапии оценивается по шкале mTICI.

ANGIOGRAPHIC SEMIOTICS OF LESIONS OF CEREBRAL ARTERIES IN PATIENTS WITH ACUTE ISCHEMIC STROKE

***Volodyukhin M.Y.** – MD, PhD

Interregional clinical-diagnostic center, Kazan, Russian Federation
12a, Karbysheva str., Kazan, Russian Federation, 420101

KEY-WORDS:

- Cerebral angiography
- ischemic stroke

ABSTRACT:

Aim: was to show literature review and personal data on endovascular anatomy of intracranial lesions in patients with acute ischemic stroke.

Material and methods: we present clinical data on endovascular revascularization in patients with ischemic stroke, who were operated in Interregional clinical-diagnostic center for the period 2007–2014.

Results and conclusion: during cerebral angiography, we should estimate arterial, parenchymal and venous phase. Degree of flow recovery after endovascular reperfusion, is estimated on mTICI score.

Введение

С 2008 года тромболизис становится частью оказания медицинскои помощи больным с инсультом в первичных сосудистых отделениях и региональных сосудистых центрах, созданных в рамках реализации комплекса мероприятии по снижению смертности от сосудистых заболевании [1]. Внутриартериальная реперфузионная терапия является одним из методов оказания высокотехнологической помощи данной категории пациентам и все активнее используются в региональных сосудистых центрах. В данной работе представлен обзор литературы и собственные наблюдения по особенности ангиографической семиотики поражений церебральных артерия в остром периоде ишемического инсульта.

Окклюзирующее поражения внутренней сонной артерии (ВСА) наблюдаются у 4–8% пациентов, госпитализируемых с симптомами острого ишемического инсульта. Учитывая низкую эффективность применения внутривенной тромболитической терапии у пациентов с окклюзией крупных сосудов, частота встречаемости данного типа поражения, при выполнении внутриартериальной реперфузионной терапии, достигает 25–30% [2]. Окклюзирующее поражение ВСА подразделяют на тромбоз экстракраниального, интракраниального сегмента или тандемное поражение [3]. При интракраниальной окклюзии различают: Т-окклюзию, L-окклюзию и I – окклюзию ВСА **(рис. 1)**. При L-окклюзии тромбоз ВСА сопровождается тромбозом М1 сегмента средней мозговой артерии (СМА), передняя мозговая артерия (ПМА) проходима на всем протяжении. Т-окклюзия ВСА включает тромбоз ВСА, окклюзию М1 сегмента СМА и А1 сегмента ПМА. У пациентов с

Адрес для корреспонденции (Correspondence to): *Володюхин Михаил Юрьевич (Volodyukhin M.Y.), e-mail: voloduckin@mail.ru*

тромбозом ВСА I-типа наблюдается окклюзия только ВСА с сохранением кровотока в СМА и ПМА. Данная дифференцировка важна для определения метода реваскуляризации внутренней сонной артерии.

Наиболее часто (до 75% случаев) ишемический инсульт локализуется в бассейне СМА. В зависимости от уровня тромбоза различают окклюзию М1, М2, М3, М4 сегментов СМА.

Тромбоз М1 сегмента СМА наблюдается у 24-32% пациентов. Дифференцируют окклюзию проксимального сегмента, определяемого как тромбоз проксимальной половины М1 сегмента без визуализации лентикулостриарных артерий **(рис. 2)** и тромбоз на уровне дистального отдела М1 сегмента, определяемого как окклюзия дистальной половины М1 сегмента с визуализацией лентикулостриарных артерий **(рис. 3)**. При проксимальном тромбозе М1 сегмента СМА, наблюдается нарушение кровоснабжения и повреждение базальных ганглиев, что резко снижает вероятность благоприятного исхода и увеличивает риск геморрагических осложнений при применении реперфузионных технологий. Подобный уровень тромбоза сопровождается обширной зоной ишемии, приводящая в более половине наблюдений к глубокой инвалидизации пациентов, а частота летального исхода наблюдается у 17% пациентов [4]. При дистальном тромбозе базальные ганглии не вовлечены в зону ишемии и прогноз у пациентов более благоприятный.

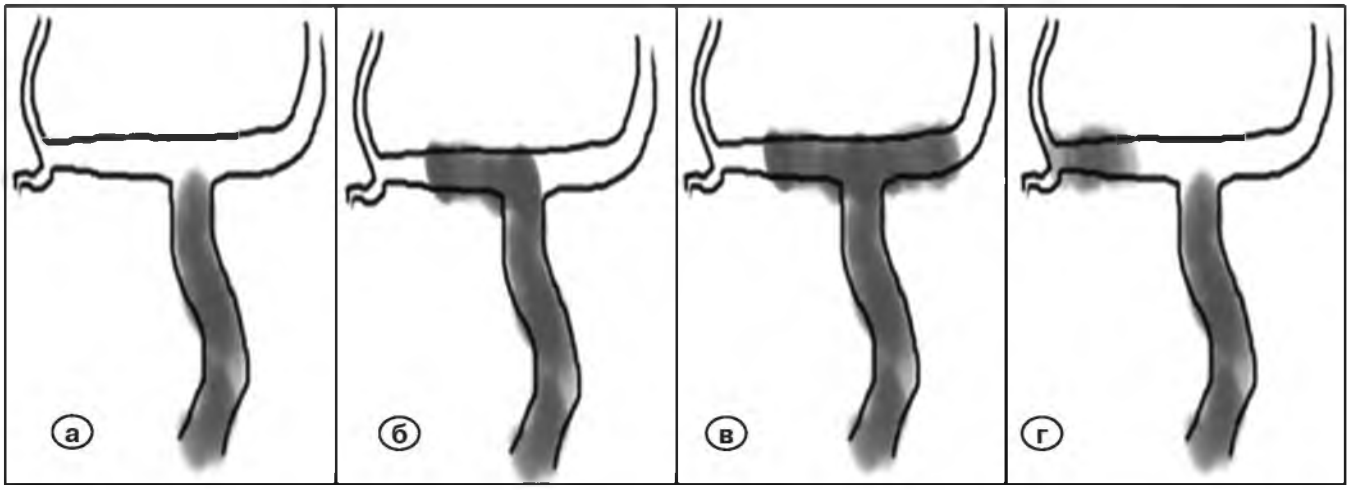

Рис. 1. *Типы интракраниальной окклюзии внутренней сонной артерии.*
а – окклюзия ВСА I-типа;
б – окклюзия L-тип;
в – окклюзия Т-тип;
г – окклюзия ВСА I-типа с дистальной эмболией в СМА.

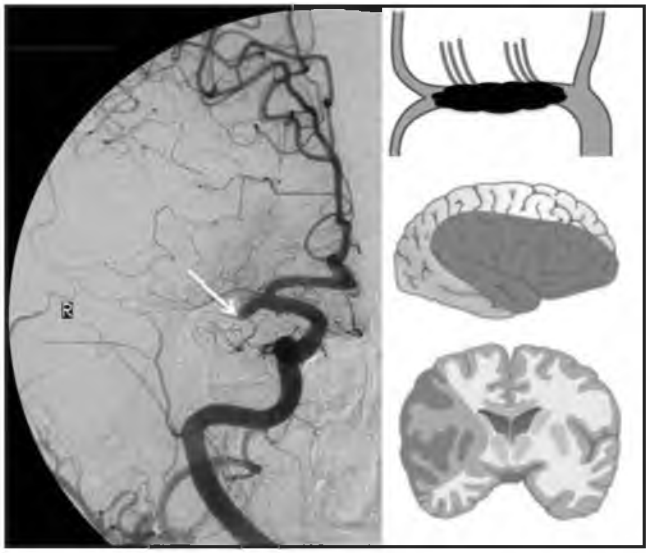

Рис. 2. *Окклюзия проксимального М1 сегмента правой СМА (белая стрелка) с захватом в зону тромбоза лентикулостриарных артерий.*

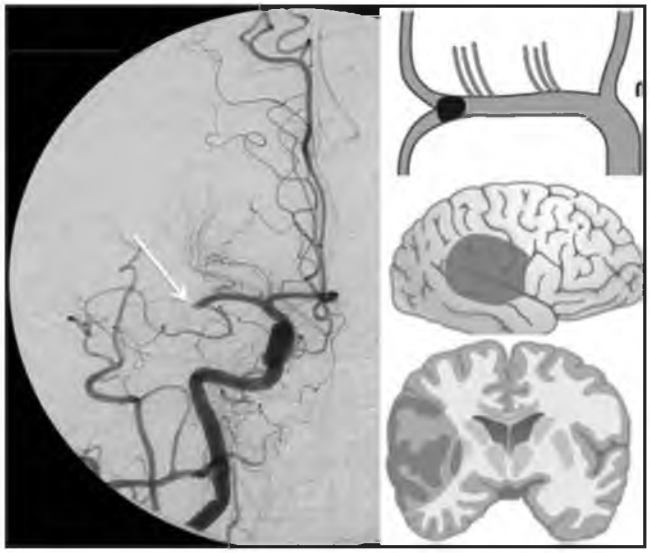

Рис. 3. *Окклюзия дистального М1 сегмента СМА (показано стрелкой). Лентикулостриарные артерии проходимы.*

Статья поступила в редакцию в июне 2015 года.

Частота тромбоза М2 сегмента СМА составляет 31–44%. Различают окклюзию височной ветви, именуемая в англоязычной литературе как «нижняя» (inferior division) ветвь и окклюзию лобной ветви или «верхняя» (superior devision). Из лобной ветви осуществляется кровоснабжение лобной доли и верхнего отдела теменной доли **(рис. 4)**, из височной ветви осуществляется кровоснабжение височной доли и нижнего отдела теменной доли [5].

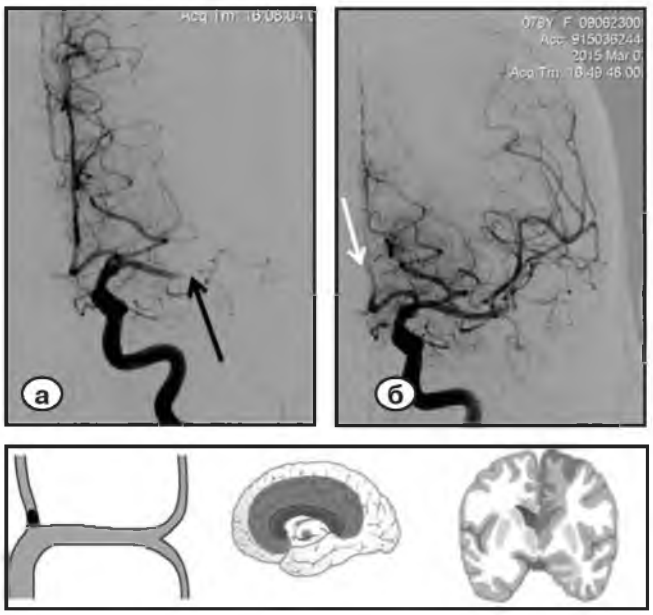

Рис. 4. *а – окклюзия дистального отдела М1 сегмента левой СМА (черная стрелка);*
б – дистальная эмболия в ПМА после выполнения тромбэктракции из СМА с применением стент ретриверных технологий (белая стрелка).

Эмболия в М3 и М4 сегменты при применении внутриартериальных методах реваскуляризации практически не встречается, так как при подобных дистальных поражениях объем ишемического повреждения не большой, а степень неврологического дефицита не превышает 8 баллов (по шкале инсульта NIHSS), поэтому отсутствуют показания для проведения внутриартериальных методов реперфузионной терапии. Однако при выполнении реперфузионных технологий или при выполнении инвазивных вмешательств на церебральных артериях возможно развитие дистальной эмболии в данные сегменты СМА как осложнения данного вмешательства.

Окклюзия передней мозговой артерии (ПМА) у пациентов с ишемическим инсультом встречается достаточно редко (1,8–3%) [6]. Более часто (17–20%) дистальная эмболия в ПМА наблюдается при выполнении тромбэктомии с применением стент-ретриверных технологий **(рис. 4)**.

Частота острого ишемического инсульта в вертебробазилярном бассейне составляет 6–10% [7]. По уровню окклюзии различают тромбоз позвоночной артерии, тромбоз основной артерии или их сочетания. Окклюзирующее поражение основной артерии подразделяют на проксимальный, средний и дистальный тромбоз **(рис. 5)**. У пациентов с проксимальной окклюзией тромб распространяется от слияния позвоночных артерий до уровня отхождения передней нижней мозжечковой артерий. При срединном расположении тромб распространяется от устья передней нижней мозжечковой артерии до устья верхней мозжечковой артерии. Проксимальный и средний тип тромбоза основной артерии наблюдается у 26–36% пациентов. В большинстве случаев тромбоз на данном уровне возникает вследствие изъязвления подлежащей атерома-

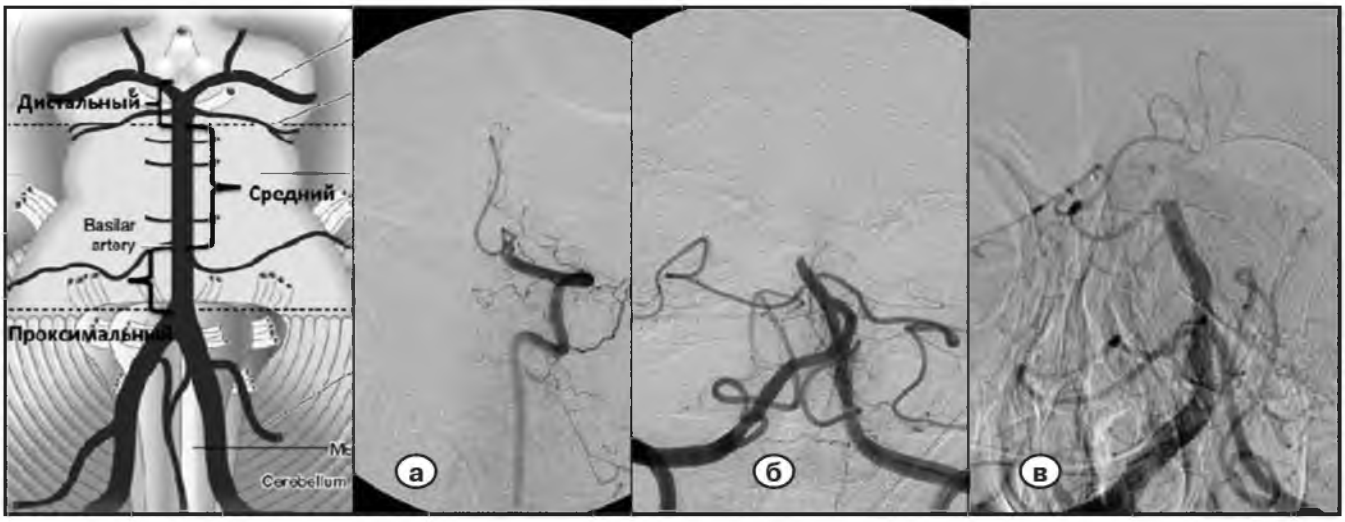

Рис. 5. *Уровни окклюзии основной артерии.*
а – проксимальный тромбоз основной артерии;
б – средняя окклюзия основной артерии;
в – дистальный тромбоз основной артерии.

тозной бляшки, поэтому данный тип поражения более «агрессивный» и трудно поддается эндоваскулярному лечению [8]. После успешной реваскуляризации, зачастую, наблюдаются остаточные стенозы, требующие дополнительного выполнения баллонной ангиопластики и стентирования данного сегмента **(рис.6)**. Дистальная окклюзия основной артерии распространяется от устьев верхних мозжечковых артерий до бифуркации. Частота встречаемости дистальной окклюзии составляет 30–35% [9]. В большинстве случаев тромбоз на данном уровне имеет эмбологенный генез и наиболее эффективно реваскуляризируется при применении современнных эндоваскулярных методов реперфузионной терапии [10].

При выполнении церебральной ангиографии, у пациентов с острым ишемическим инсультом, необходимо оценить степень развития коллатерального кровотока в зоне ишемии. Существуют три уровня коллатерального кровотока головного мозга. Первый - Виллизиев круг, обеспечивающий коллатеральный кровоток по системам левого, правого полушария головного мозга и вертебро-базилярного бассейна. Полностью замкнутый Виллизиев круг наблюдается у 42–52% людей. Для адекватной компенсации коллатерального кровотока соединительные артерии должны быть не менее 1 мм в диаметре [11]. Второй уровень коллатерального кровотока осуществляется через различные варианты экстра-интракраниальных или интра-интракраниальных анастомозов. Третий уровень коллатерального кровотока – новый ангиогенез, который формируется при появлении ишемии. Индивидуальные особенности развития коллатерального кровотока достаточно вариабельны. Первый компенсаторный механизм (Виллизиев круг) быстро включается при появлении недостаточности мозгового кровообращения. В случае недостаточности первого уровня начинает действовать второй уровень компенсации, например открывается коллатеральный кровоток из ветвей наружней сонной артерии к ВСА. Недостаточное формирование второго уровня коллатерального кровотока подталкивает к формированию третьего уровня коллатералей, однако для его формирования требуется досточно долгое время (до нескольких дней).

Для оценки степени развития коллатерального кровотока Американским обществом интервенционных и терапевтических нейрорадиологов совместно с обществом Интервенционной радиологии (American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology/Society of Interventional Radiology (ASITN/SIR)) разработа шкала Collateral Flow Grading System [12–13]. Согласно данной классификации различают четыре градации развития коллатерального кровообращения. Градация 0 - нет коллатералей в зоне ишемии. Градация 1 – медленные коллатерали, расположенные по перефирии зоны ишемии с наличием полного деффекта перфузии в зоне ишемии. Градация 2 – быстрые коллатерали, расположенные по перефирии со стойким частичным дефектом, расположенным в зоне ишемии. Градация 3 медленные, но полные коллатерали в зоне ишемии во время венозной фазы. Градация 4 – быстрые и полные коллатерали в зоне ишемии, обеспечивающие полную ретроградную перфузию (**рис. 7,8).**

Коллатеральный кровоток обеспечивает кровоснабжение при окклюзии основных сосудов и влияет не только на объем ишемического повреждения головного мозга, но и является предиктором исхода при выполнении эндоваскулярной репепфузионной терапии. Анализ результатов эндоваскулярного лечения у 222 пациентов выявил, что полной реваскуляризации удалось достичь только у 14,1% пациентов с первой градацией коллатерального кровотока. Эффективность реперфузионой терапии у пациентов со второй и третьей гра-

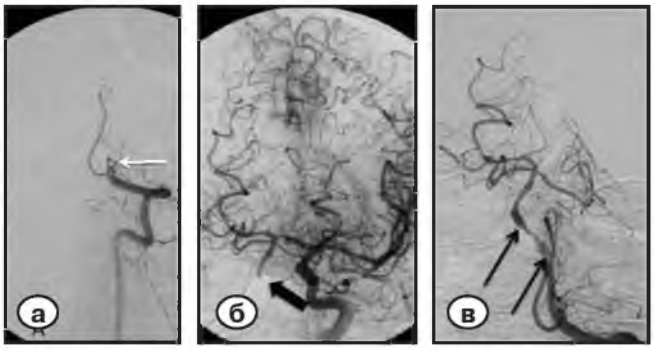

Рис. 6. *а – ангиограмма пациента с проксимальной окклюзией основной артерии (белая стрелка);*
б – контрастирование дистального сегмента основной артерии (черная стрелка) осуществляется за счет коллатерального кровотока (через систему задней соединительной артерии);
в – остаточный стеноз среднего сегмента основной артерии после выполнения тромбэкстракции (две черных стрелки).

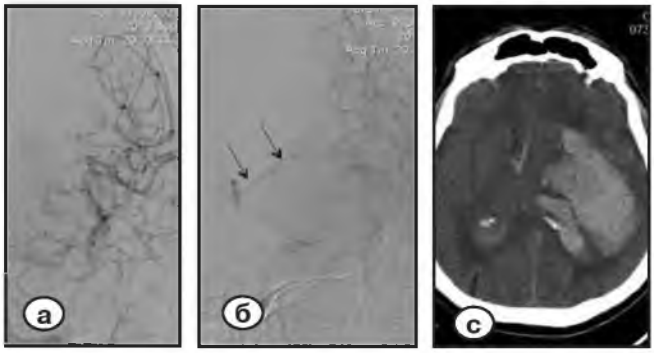

Рис. 7. *а – ангиограмма пациента после успешного восстановления кровотока по СМА;*
б – в артериальную фазу наблюдается появление раннего венозного контрастирование в проекции базальных ганглиев;
в – КТ больного через 6 часов после операции (паренхиматозная гематома 2-го типа).

дацией коллатерального кровотока составила 25,2%, у пациентов с четвертой градацией эффективная реваскуляризация наблюдалась в 41,5% случаев (P<0,001). Причиной увеличения эффективности восстановления кровотока у пациентов с коллатеральным кровотоком четвертой градации связана с ретроградной доставкой через развитые коллатерали тромболитика к дистальному отделу тромба. Было выявлено, что степень реваскуляризации, у пациентов с плохим коллатеральным кровотоком, не коррелирует с клинической эффективностью реперфузионной терапии. Более того, у пациентов с плохим коллатеральным кровотоком после успешной реваскуляризацией наблюдается рост зоны инфаркта и более часто наблюдаются симптомные гемморагические трансформации, связанные с большим ишемическим повреждением головного мозга. Хорошо развитая коллатеральная сеть позволяет расширить рамки терапевтического окна выше 8 часов без ухудшения клинических результатов реперфузионной терапии [14–15].

Церебральная ангиография у пациентов с острым ишемическим инсультом должна выполняться с захватом венозной фазы. Ранний «сброс» контрастного вещества в проекции базальных ганглиев позволяет предположить о нарушении ауторегуляции микроциркулярного русла на этом уровне, что увеличивает риск развития гемморагических трансформаций при примененииии эндоваскулярных репеперфузионных вмешательств **(рис. 9)**. У данной категории пациентов не рекомендуется назначать антикоагулятную и ангиагрегантную терапию в послеоперационном периоде. При оценке результатов применения внутриартериальной реперфузионной терапии необходимо различать два понятия: реканализация и реперфузия. Реканализация это восстановление антеградного кровотока за ранее окклюзированный сегмент артерии. Реперфузия – это степень адекватного кровоснабжения тканей головного мозга, определяемого по степени восстановления антеградного капилярного наполнения. Реперфузия более связана с клиническим исходом применения эндоваскулярных вмешательств, а реканализация является некой метрической единицей эффективного восстановления кровотока. К сожалению при адекватной реканализации полная реперфузия не всегда возникает вследствие развития дистальной эмболии, или восстановление кровотока в уже сформированную инфарктную зону [16–17].

Первоначально для оценки степени восстановле-

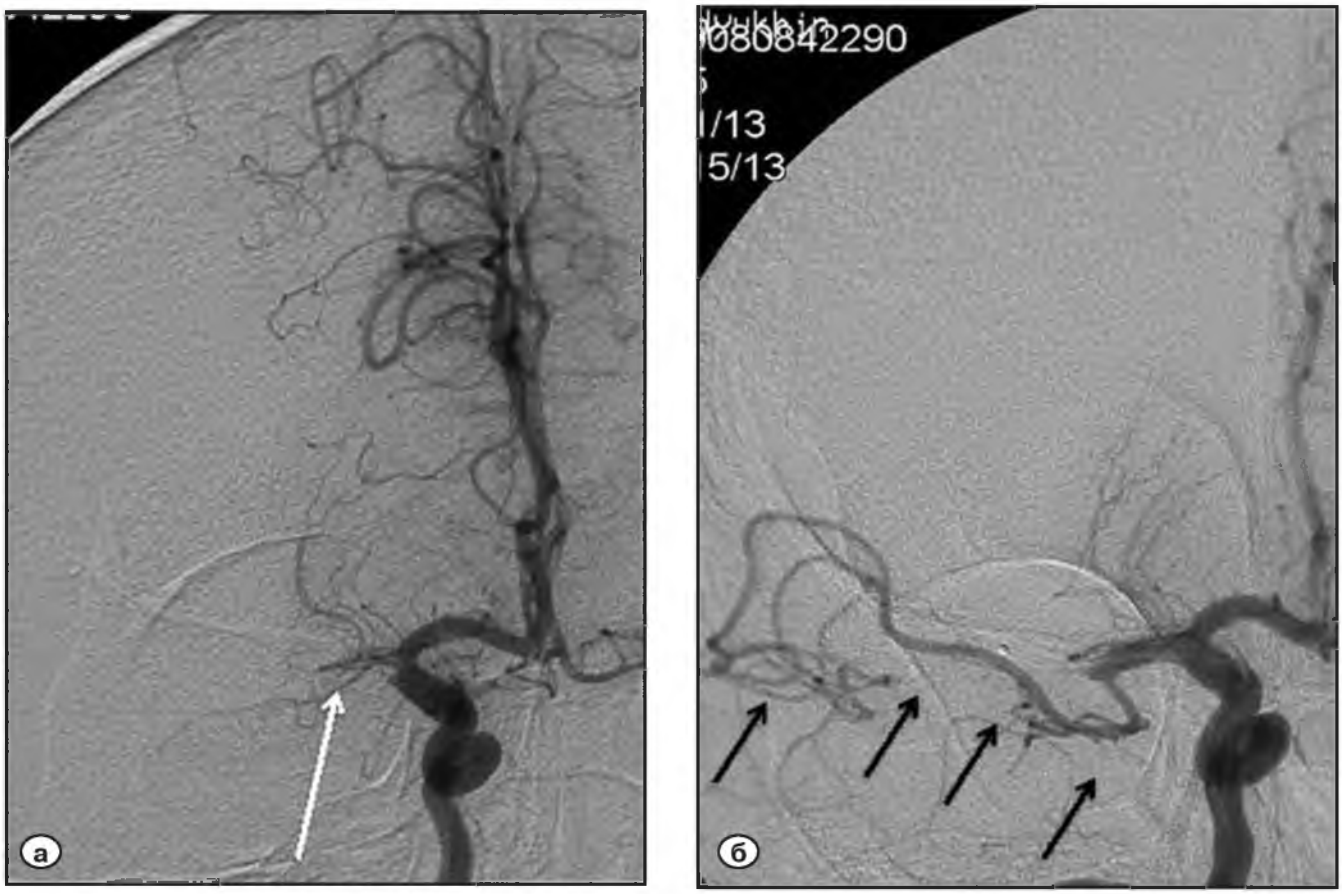

Рис. 8. *а – окклюзия М1 сегмента СМА (белая стрелка);*
б – восстановление кровотока после применения внутриартериальной реперфузионной терапии на уровне TICI 2a (черные стрелки).

ния кровотока применялась шкала Thrombolysis in Myocardial Infarction Scale (TIMI), активно применяемая у пациентов с острым коронарным синдромом. Данная шкала подразделяла восстановление кровотока на TIMI 0 – отсутствие антеградного кровотока, TIMI 1– частичная реканализация с неполным заполнением дистальных ветвей (реканализация без реперфузии), TIMI 2 – замедленная антеградная реканализация дистальнее М2 сегментов СМА (частичная реперфузия), TIMI 3 – нормальный поток, заполняющий дистальные ветви, включая М3 и М4 СМА (полная реперфузия). Недостатком данной шкалы является большая вариабельность трактовок объемов реваскуляризации.

Реперфузионная шкала «Arterial Occlusive Lesion» (AOL) классифицирует восстановление кровотока: AOL 0 – полная окклюзия, AOL 1 – неполная окклюзия или частичная реканализация целевой артерии без дистального кровотока, AOL 2 частичная реканализация артерии с неполным кровотоком, AOL 3 полная реканализация с хорошим дистальным кровотоком.

Шкала «Thrombolysis in Cerebral Infarction» (TICI) была разработана для оценки антеградного капиллярного наполнения (тканевой реперфузии) у пациентов с острым ишемическим инсультом. Шкала определяется как TICI 0 – нет реперфузии, TICI 1 – минимальный поток за окклюзией без реперфузии, TICI 2a – минимальная частичная реперфузия (рис. 10), TICI 2b – большая частичная реперфузия **(рис. 11)**, TICI 3 – полная реперфузия без потоковых дефектов **(рис. 12)**. В оригинале уровень TICI 2a определялся как восстановление кровотока менее 2/3 объема СМА, а TICI 2b более чем 2/3 ранее окклюзированной территории. В исследовании Interventional Management of Stroke была предложена модификация данной шкалы «modified Treatment In Cerebral Ischemia» mTICI. При подобном варианте градации уровень реперфузии на менее 50% территории СМА определяется как mTICI 2a, а более 50% территории СМА – mTICI 2b.

Согласно современным рекомендациям, стандартной реперфузионной шкалой должна быть шкала mTICI, реваскуляризация считается успешной при достижении реперфузии mTICI 2b – 3 [18] .

Шкала TICI имеет большую прогностическую значимость клинических исходов. У пациентов с восстановлением кровотока на уровне mTICI 2b и mTICI 3 наблюдается благоприятный клинический исход в 46,3% и 80% соответственно. При восстановлении кровотока на уровне mTICI 2a благоприятный клинический исход

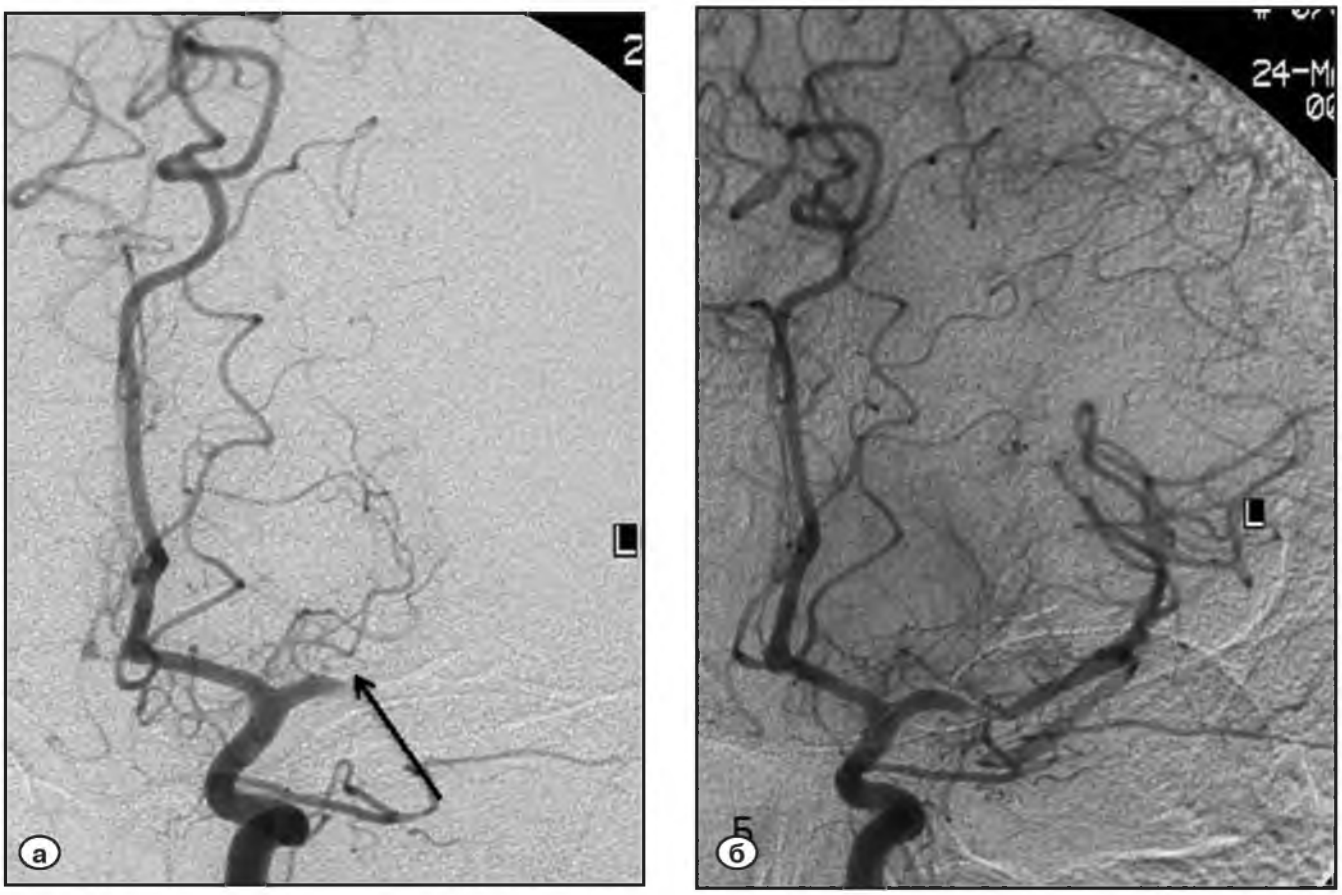

Рис. 9. *а – окклюзия М1 сегмента СМА (черная стрелка);*
б – восстановление кровотока по СМА, после применения внутриартериальной реперфузионной терапии на уровне TICI 2b.

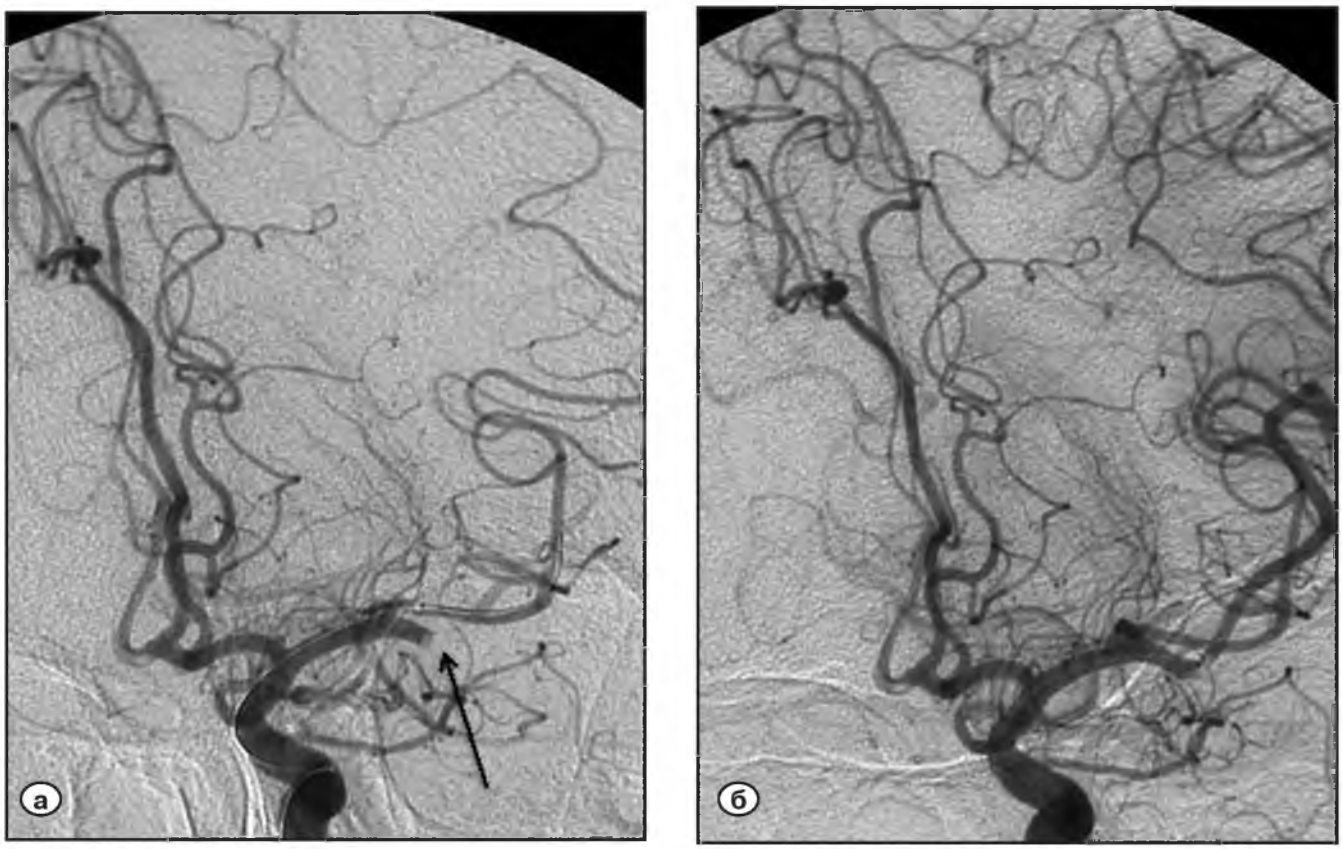

Рис. 10. *а – окклюзия М2 сегмента СМА (темная стрелка);*
б – восстановление кровотока по СМА, после применения внутриартериальной реперфузионной терапии на уровне TICI 3.

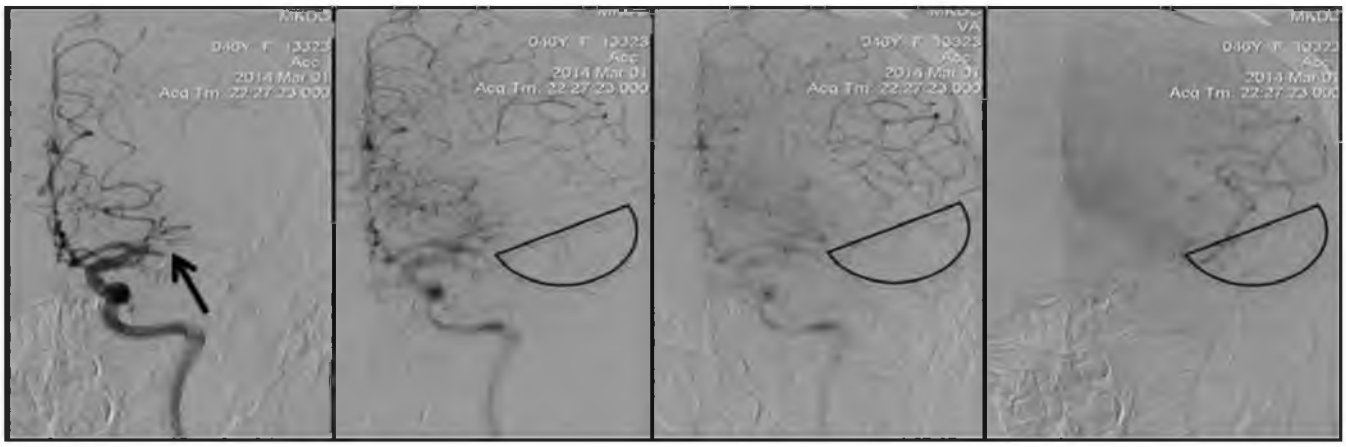

Рис. 11. *Коллатеральный кровоток второй градации. Окклюзия дистального отдела М1 сегмента левой СМА (Черная стрелка). В позднюю артериальную фазу прослеживаются корковые коллатерали к М2 сегменту (лобной ветви), с дефектом контрастирования в капилярную фазу в проекции височной доли (черный полукруг).*

наблюдается только у 19,4% пациентов [19–20]. Проведение внутриартериальной реперфузионной терапии сопровождается потенциальным риском фрагментации тромба и дистальной эмболии. Эмболия может происходить в ветви ранее окклюзированной артерии или в ранее незаитересованные сосудистые бассейны головного мозга **(рис. 13)**. Частота развития подобных осложнений достаточно вариабельна и зависит от метода реперфузионной терапии, уровня окклюзии и типа применяемых устройств [21]. По данным исследования MERCI частота дистальной эмболии составляла 3,8%, в исследованиях IMS I, IMS II и IMS III – 1,5%, 1,7% и 14% соответственно. Применение стент ретриверных технологий осложняется в 7–11% случаев эмболией в ранее незаинтересованную территорию. При применении аспирационных систем

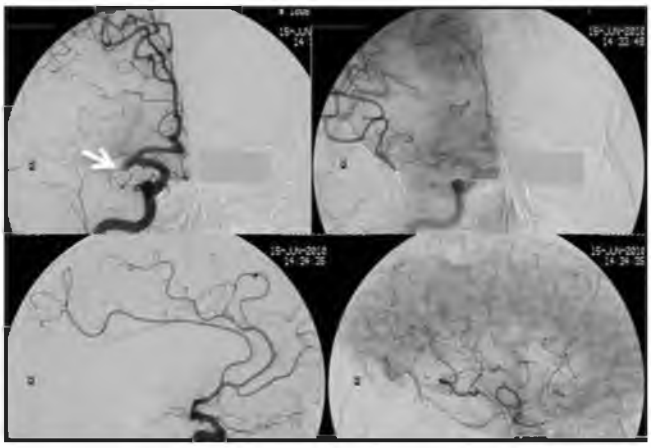

Рис. 12. Коллатеральный кровоток третьей градации. Окклюзия правой СМА (белая стрелка). В поздней фазе определяется корковые коллатерали заполняющие зону ишемии без дефекта наполнения (прямая и боковая проекции).

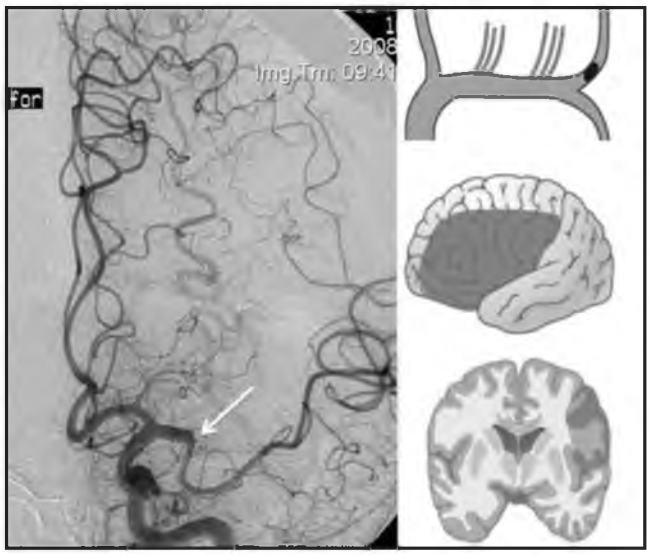

Рис. 13. . Окклюзия лобной ветви М2 сегмента левой СМА (белая стрелка).

подобное осложнение встречается гораздо реже, поэтому ряд авторов комбинируют применения этих систем, что позволяет снизить риск данного осложнения до 5,7% [18, 22]. Дистальная эмболия в «новый» сосудистый бассейн является пердиктором неблагоприятного исхода, так как увеличивается объем ишемического повреждения головного мозга. ■

Список литературы/References

1. Шамалов Н.А. Реперфузионная терапия при ишемическом инсульте. *Эффективная фармакотерапия*. 2014; 31: 54–60.
Shamalov N.A. Reperfuzionnaja terapija pri ishemicheskom insul'te. *Jeffektivnaja farmakoterapija* [Reperfusion therapy in ischemic stroke]. 2014; 31: 54–60[In Russ].

2. Berkhemer O., Fransen P., Beumer D., et al., A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke. *The New England journal of medicine*. 2015 1 (37): 2–11.

3. Li-Ping Liu, An-Ding Xu, Wong K.S., et all., Chinese consensus statement on the evaluation and intervention of collateral circulation for ischemic stroke. *CNS Neuroscience & Therapeutics*. 2014 (20): 202–208.

4. Hill M., Shobha N., Low rates of acute recanalization with intravenous recombinant tissue plasminogen activator in ischemic stroke: real-world experience and a call for action. *Stroke*. 2010 41 (10): 2254–2258.

5. Mortimer A.M., Bradley M.D., Renowden S.A. Endovascular therapy in hyperacute ischaemic stroke: history and current status department of neuroradiology. *Interventional Neuroradiology*. 2013 (19): 506–518.

6. Gacs G., Fox A., Barnett H., et all. Occurrence and mechanisms of occlusion of anterior cerebral artery. *Stroke*. 1983 (14). 952–959.

7. Mortimer A.M., Bradley M., Renowden S.A. Endovascular therapy for acute basilar artery occlusion: a review of the literature. *J. NeuroIntervent. Surg*. 2011 (10): 11–36.

8. Haussen D.C., Dharmadhikari S.S., Snelling B. Posterior communicating and vertebral artery configuration and outcome in endovascular treatment of acute basilar artery occlusion. *J. NeuroIntervent. Surg*. 2014 (0):1–4.

9. Archer C.R., Horenstein S. Basilar artery occlusion: clinical and radiological correlation. *Stroke*. 1977 (8): 383–390.

10. Mordasini P., Brekenfeld C., Byrne J.V., et all. Technical feasibility and application of mechanical thrombectomy with the Solitaire FR revascularization device in acute basilar artery occlusion *Am. J. Neuroradiol* 2013 (34): 159 –163.

11. Liebeskind D.S., Cotsonis G.A., Saver J.L., et al. Collateral circulation in symptomatic intracranial atherosclerosis. *J. Cereb. Blood. Flow. Metab.* 2011 (31): 1293–1301.

12. Christoforidis G.A., Mohammad Y., Kehagias D., et all. Angiographic assessment of pial collaterals as a prognostic indicator following intra-arterial thrombolysis for acute ischemic stroke. *Am. J. Neuroradiol*. 2005 (26): 1789–1797.

13. Al-Ali F., Jefferson A., Barrow T., et al. The capillary index score: rethinking the acute ischemic stroke treatment algorithm. *J. Neurointerv. Surg*. 2013 (5): 139–143.

14. McVerry F., Liebeskind D.S., Muir K.W. Systematic review of methods for assessing leptomeningeal collateral flow. *Am. J. Neuroradiol*. 2012 (33): 576–582.

15. Chuang Y.M., Chan L., Lai Y.J., et al. Configuration of

the circle of Willis is associated with less symptomatic intracerebral hemorrhage in ischemic stroke patients treated with‘ intravenous thrombolysis. *J. Crit. Care.* 2013 (28): 166–172.

16. Nogueira R.G., Gupta R., Jovin T.G. ET et al. Predictors and clinical relevance of hemorrhagic transformation after endovascular therapy for anterior circulation large vessel occlusion strokes: a multicenter retrospective analysis of 1122 patients *J. NeuroIntervent. Surg.* 2015 (7): 16–21.

17. R.G., Liebeskind D.S., Sung G., et all. Predictors of good clinical outcomes, mortality, and successful revascularization in patients with acute ischemic stroke undergoing thrombectomy: pooled analysis of the mechanical embolus removal in cerebral ischemia (Merci) and multi Merci trials. *Stroke.* 2009 (40): 3777–3783.

18. Jayaraman M.V., Hussain M.S., Abruzzo T., et al., Embolectomy for stroke with emergent large vessel occlusion (ELVO): report of the Standards and Guidelines Committee of the Society of NeuroInterventional Surgery *J. NeuroIntervent. Surg.* 2015 (0):1–6.

19. Broderick J.P., Palesch Y.Y., Demchuk A.M., et al. The interventional management of stroke (IMS) III investigators. Endovascular therapy after intravenous t-PA versus t-PA alone for stroke. *N. Engl. J. Med.* 2013 (368): 893–903.

20. Yoo A.J., Simonsen C.Z., Prabhakaran S., et al. Refining angiographic biomarkers of reperfusion: modified TICI is superior to TIMI for predicting clinical outcomes after intra-arterial therapy. *Stroke.* 2013 (44): 62-66.

21. Dávalos A., Pereira V.M., Chapot R. et al. Retrospective multicenter study of Solitaire FR for revascularization in the treatment of acute ischemic stroke. *Stroke.* 2012 (43): 2699–2705.

22. Humphries W., Hoit D., Doss V.T., et al. Distal aspiration with retrievable stent assisted thrombectomy for the treatment of acute ischemic stroke. *J. NeuroIntervent. Surg.* 2015 (7): 90–94.