

## АНАЛИЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО СПОСОБА КОМБИНИРОВАННОГО УДАЛЕНИЯ ТРОМБА ИЗ СОСУДОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОСТРОГО ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА

Логвиненко Р.Л.<sup>1,2</sup>, Коков Л.С.<sup>2,3</sup>, Шабунин А.В.<sup>1,4</sup>,  
Араблинский Ал.В.<sup>1,4</sup>, Цуркан В.А.<sup>1</sup>

**Цель.** В статье представлен ретроспективный анализ первого опыта применения модифицированного способа удаления окклюзирующего тромба из крупного сосуда головного мозга в острой фазе ишемического инсульта.

**Цель исследования.** Описать новую комбинацию методов удаления тромба из артерий головного мозга и продемонстрировать первые результаты его применения. Обосновать целесообразность применения модифицированного способа церебральной тромбэктомии, сопоставив его первые результаты с наиболее популярными аналогичными методиками.

**Материалы и методы.** Приведено детальное описание усовершенствованного способа комбинированной тромбэктомии. На основании анализа 34 источников отечественной и зарубежной литературы выявлены недостатки методик церебральной тромбэктомии и показаны пути их преодоления на примере собственного способа.

**Результаты.** Предлагаемая последовательность действий для удаления тромба из артерий головного мозга демонстрирует результаты, сопоставимые с современными методиками тромбэкстракции по степени достигаемой реперфузии, функциональным исходом и осложнениям.

**Выводы.** Рациональная комбинация различных подходов к тромбэктомии позволяет удалять тромб из артерий головного мозга с минимизацией числа попыток и с уменьшением риска эмболических осложнений.

Ключевые слова: инсульт, тромбэктомия, реперфузия, эмболический.

Контактный автор: Логвиненко Р.Л., e-mail: [romanlogvinenko@gmail.com](mailto:romanlogvinenko@gmail.com),

Для цитирования: Логвиненко Р.Л., Коков Л.С., Шабунин А.В., Араблинский Ал.В., Цуркан В.А. Анализ модифицированного способа комбинированного удаления тромба из сосудов головного мозга при лечении острого ишемического инсульта. REJR 2020; 10(1):159-177. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-1-159-177.

Статья получена: 30.09.19

Статья принята: 21.01.20

## ANALYSIS OF A MODIFIED METHOD FOR COMBINED REMOVAL OF THROMBUS FROM BLOOD VESSELS OF THE BRAIN IN THE TREATMENT OF ACUTE ISCHEMIC STROKE

Logvinenko R.L.<sup>1,2</sup>, Kokov L.S.<sup>2,3</sup>, Shabunin A.V.<sup>1,4</sup>,  
Arablinskiy Al.V.<sup>1,4</sup>, Tsurkan V.A.<sup>1</sup>

**T**he article presents the first experience of using the new modified way of thrombectomy from cerebral vessels in the acute phase of ischemic stroke associated with the occlusion of a large vessel of the brain.

**Purpose.** To describe a new sequencing for removing a blood clot from the arteries of the brain and demonstrate the first results of its use. To justify the appropriateness of applying the new way of cerebral thrombectomy, comparing its first results with the most popular similar methods.

**Materials and methods.** A detailed description of the new sequencing for combined thrombus delete is given. Based on the analysis of 34 sources of domestic and foreign litera-

1 - ГБУЗ ГКБ им. С.П. Боткина ДЗ г. Москвы. г. Москва, Россия.

2 - ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). г. Москва, Россия.

3 - ГБУЗ НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы. г. Москва, Россия.

4 - ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. г. Москва, Россия.

1 - S.P. Botkin Moscow City Clinical Hospital.

2 - I.M. Sechenov First Moscow State Medical University.

3 - N.V. Sklifosovsky science & research institute of emergency medicine.

4 - Russian Medical Academy of Continuous Professional Education. Moscow, Russia.

ture revealed shortcomings of methods of cerebral thrombectomy and shows ways to overcome them on the example of our own way.

**Results.** The results of modified thrombectomy demonstrate comparable results with modern methods in the degree of achieved reperfusion, functional outcomes and complications.

**Conclusions.** A rational combination of different approaches to thrombectomy makes it possible to remove a blood clot from the arteries of the brain with minimizing the number of attempts and reducing the risk of embolic complications..

Keywords: stroke, thrombectomy, reperfusion, embolic.

Corresponding author: Logvinenko R. L., e-mail: [romanlogvinenko@gmail.com](mailto:romanlogvinenko@gmail.com)

*For citation: Logvinenko R.L. Kokov L.S., Shabunin A.V. Arablinskiy Al.V., Tsurkan V.A.. Analysis of a modified method for combined removal of thrombus from blood vessels of the brain in the treatment of acute ischemic stroke. REJR 2020; 10(1):159-177. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-1-159-177.*

Received: 30.09.19

Accepted: 21.01.20

Ежегодная смертность от инфаркта миокарда и инсульта по данным ВОЗ за 2016 год превысила 15,2 миллионов человек, что составило более чем 26,3% от всех случаев смерти и 85% случаев смерти в структуре сердечно-сосудистых заболеваний [1]. Это обуславливает непрекращающийся поиск новых методов более ранней диагностики и лечения данных патологий [2]. Летальность при окклюзии средней мозговой артерии (СМА, англ. МСА) в сочетании с окклюзией внутренней сонной артерии (ВСА, англ. ИСА) возрастает от 27% до 53% по сравнению с изолированной окклюзией СМА [3]. Системный тромболитический, зарекомендованный как «золотой стандарт патогенетической реперфузионной терапии острой ишемии головного мозга» [4, 5], при подтвержденной окклюзии крупного артериального ствола головного мозга решает проблему лечения ишемического инсульта только частично. Эффективность его может быть ограничена «узким» временным окном терапевтических возможностей, концентрацией фибринолитика, тромботической нагрузкой [6, 7] форменным составом тромбоэмбола и сопутствующими приобретенными заболеваниями пациента [5, 7-11]. Низкой концентрацией фибринолитика объясняют неэффективность системной тромболитической терапии в части случаев при типичной локализации острой окклюзии крупного мозгового сосуда [12].

Возрастающий интерес к рентгенэндоваскулярной тромбэктомии (ТЭ, англ. ТЕ) оставляет открытым вопросы о выборе хирургической тактики у отдельных групп пациентов и преимуществах отдельных методов. При этом важнейшими факторами, влияющими на результаты лечения, которые необходимо учитывать,

являются степень достигаемой реперфузии и сроки ее достижения. Неудачная реканализация или её субоптимальный результат могут быть обусловлены церебральным атеросклерозом, несовершенством современных устройств и способов ТЭ. А увеличение сроков до реканализации церебральной артерии и времени самой реканализации ухудшает прогноз в отношении симптомных геморрагических кровоизлияний [13]. В качестве примера приведена ангиограмма пациента перед тромбэктомией (рис. 1) и после субоптимального выполнения эндоваскулярной ТЭ по стандартной методике у того же пациента (рис. 2). На ангиограммах видно, что после тромбэкстракции дислокация фрагментов тромба привела к дистальной эмболии, которую технически устранить не представляется возможным из-за дистального характера окклюзии.

Еще одной важной проблемой реперфузионного лечения острого ишемического инсульта является дистальная эмболизация фрагментами тромбоэмбола или эмболия в нецелевые сосуды головного мозга [14], вследствие его неравномерного лизиса, большого числа пассажей при тромбэктомии или технических особенностей процедуры тромбэктомии [15]. Применение различных аспирационных методик или тракции стент-ретривера с аспирацией из направляющего катетера не всегда эффективно. Более сложные комбинированные способы ТЭ также имеют недостатки. Например, аспирация из направляющего катетера 8 Fr с размещенным в нем катетером 5 Fr или 9 Fr и 6 Fr, соответственно, неэффективна из-за малого остаточного просвета. А одномоментное применение катетеров 9 Fr и 5 Fr может повышать потенциальные риски фрагментации заклинившего

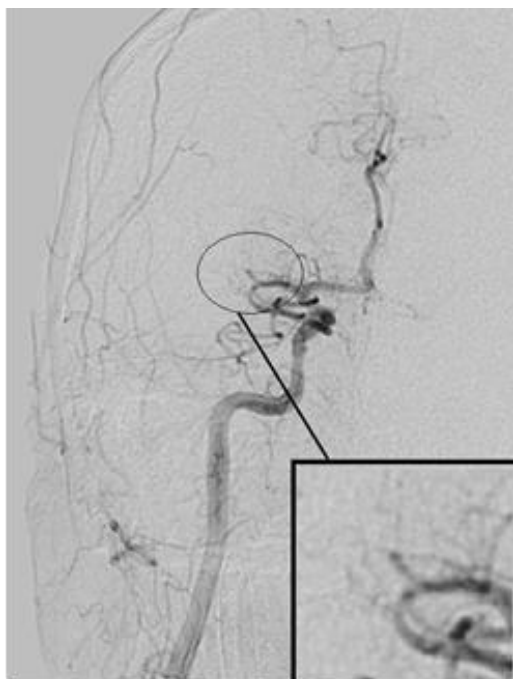


Рис. 1 (Fig. 1)

**Рис. 1.** Диагностическая цифровая субтракционная церебральная ангиограмма, прямая проекция с краниальной ангуляцией 18°. Окклюзия средней мозговой артерии справа.

Визуализированы внутренняя каротидная артерия, передняя и 1-й сегмент средней мозговой артерии справа. Окклюзия 2-го сегмента правой средней мозговой артерии – область культи обозначена черным кругом (увеличение указанной области в черном квадрате справа внизу).

**Fig. 1.** Diagnostic digital subtraction cerebral angiogram, direct projection with 18 ° cranial angulation. Right middle cerebral artery occlusion.

Right internal carotid artery, anterior and 1st segment of the middle cerebral artery are shown. Occlusion of the 2nd segment of the right middle cerebral artery - the stump area is indicated by a black circle (an increase in the indicated area in a black square from the bottom right).



Рис. 2 (Fig. 2)

**Рис. 2.** Цифровая субтракционная церебральная ангиограмма, прямая проекция с краниальной ангуляцией 18°. Состояние после субоптимальной церебральной тромбэктомии стент-ретривером средней мозговой артерии.

Визуализированы внутренняя каротидная артерия, передняя и средняя мозговая артерия справа. Определяется эмболическая окклюзия 3-го сегмента правой средней мозговой артерии – область культи обозначена белым кругом (увеличение указанной области в белом квадрате справа внизу и контурной белой стрелкой).

**Fig. 2.** Digital subtraction cerebral angiogram, direct projection with 18 ° cranial angulation. State after suboptimal thrombectomy of middle cerebral artery with a stent retriever.

The internal carotid artery, the anterior and middle cerebral artery on the right are visualized. An embolic occlusion of the 3rd segment of the right middle cerebral artery is determined - the area of the stump is indicated by a white circle (an increase of the indicated area in a white square at the bottom right and a white contour arrow).

неоднородного тромбоембола за счет выраженного ретроградного тока крови в сосуде вдоль аспирационного катетера и эмболии в ранее непораженные сосуды.

Публикуемые современные методы комбинированной тромбэктомии логически обоснованы и демонстрируют отличные результаты. Но крупных рандомизированных исследований этих методик пока не проводилось. Однако, действительно ли предлагаемые комбинированные методики удаления тромбоембола столь эффективны и не оставляют шансов для фрагментации и потери тромба?

#### **Цель и задачи исследования.**

Описать модифицированный способ удаления тромба из артерий головного мозга «стент-ретривером с дистальной аспирацией» и переходом к «стент-ассистированной вакуумблокированной экстракции», а так же продемонстрировать первые результаты ее применения. Сопоставить полученные результаты с известными методиками церебральной тромбэктомии. Обосновать целесообразность применения нового комбинированного подхода к рентгенэндоваскулярному восстановлению церебрального кровотока.

#### **Материалы и методы.**

Дано описание модифицированной ТЭ, главной особенностью которой является соблюдение этапности. Первоочередное значение имеет популярная методика ТЭ стент-ретривером с аспирацией в непосредственной близости к зоне окклюзии. Вторым важным условием является препятствие фрагментации и потери тромба за счет перехода к вакуумблокированной стент-ассистированной экстракции с перенаправлением кровотока [16]. Дизайн исследования – нерандомизированное ретроспективное исследование серии случаев. Включено 27 пациентов с острой окклюзией крупного сосуда головного мозга. Во всех указанных случаях оцениваемая последовательность ТЭ была вынужденной и использована для исключения фрагментации тромба при невозможности беспрепятственно удалить его другим способом. При неэффективности известных методик ТЭ данный способ применен у 18 пациентов. Еще 9 пациентам модифицированная ТЭ выполнена при изначальном использовании техники ТЭ стент-ретривером с дистальной аспирацией вблизи окклюзии. Переход к вакуумблокированной экстракции совершался при выраженном сопротивлении тракции ретривера для спасения от потери тромба и дистальной эмболии и предотвращения отрыва стент-ретривера.

При выполнении ТЭ кроме стандартных инструментов для прямой ангиографии мы применили следующий инструментарий. Интродьюсер с внутренним диаметром 8-9 F, направляющий катетер 8 – 9 Fr 90 см, гидро-

фильный 0,035-дюймовый проводник 260 см, реперфузионный катетер 5 – 6 Fr 145 см, микрокатетер 1,8 Fr 150 см с внутренним просветом 0,027 дюйма, нейрологический 0,014-дюймовый проводник 180 см и стент-ретривер длиной 30-40 мм с диаметром 6 мм на системе доставки 0,014 дюйма 180 см.

Выполнен обзор 34 литературных источников периодических научных изданий, в которых описываются существующие способы тромбэктомии из сосудов головного мозга. Анализу подвергнуты основные способы церебральной тромбэктомии. Основным критерием выбора публикаций для сравнения с новой модификацией ТЭ являлись наиболее полные исследования, в которых сравнивались применяемые в настоящее время методики тромбэктомии с наиболее изученными, а также приведена статистика исходов и осложнений.

Все непрерывные переменные представлены медианой и 1-м и 3-м квартилями (Me (Q1; Q3)), а категориальные – процентом от общего числа в выборке (N) и абсолютным числом с данным признаком (n) – критерий  $\chi^2$ . Оценка возможности наступления исходов и осложнений, с учетом влияния факторов риска, выполнена методом определения относительного риска (OR (RR – от англ. relative risk)) в 95% доверительном интервале (CI) и определением статистической значимости критерия Мантеля-Хензеля для полученного значения (p).

Полученные результаты выполнения модифицированной тромбэктомии сопоставлены с литературными данными. Основными критериями сравнения описательной части статистики приведенных методик являются частота достаточной реперфузии головного мозга (полная или частичная), функционального статуса, эмболических осложнений и скорость реперфузии головного мозга.

#### **Результаты.**

Предложенная нами модификация способа эндоваскулярной реперфузии сочетает преимущества двух наиболее эффективных комбинированных методик ТЭ. Данный способ защищен Патентом РФ [16] и применяется для безопасного удаления тромбоемболов из любых сосудов головного мозга диаметром от 2 до 3,5 мм при наличии проксимальнее окклюзии или в месте окклюзии боковых ветвей диаметром более 1 мм.

На рисунках 3 – 7 схематически приведена анатомическая локализация острой окклюзии 2-го сегмента СМА в бассейне левой ВСА в острой фазе ишемического инсульта, обозначен примененный инструментарий и последовательность действий специалиста по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению при выполнении описанной комбинированной тромбэктомии, начиная с этапа расправления



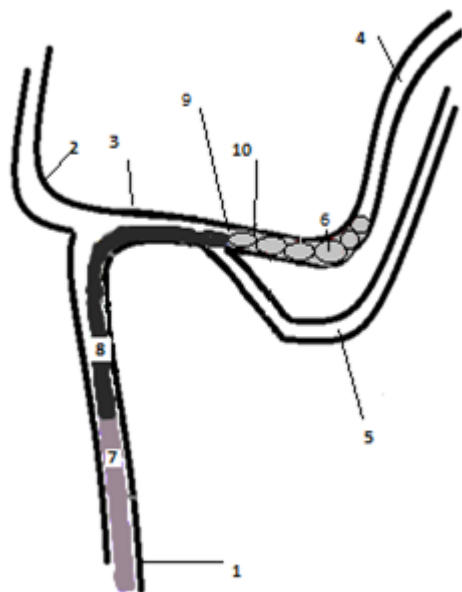


Рис. 3 (Fig. 3)

**Рис. 3.** Схема. Состояние после распрямления стент-ретривера, доставленного внутри коаксиальной системы «направляющий катетер-аспирационный катетер-микрокатетер» (этапы до распрямления стент-ретривера пропущены, так как соответствуют классической ТЭ стент-ретривером приводимым в литературе).

Условные обозначения: 1 – внутренняя сонная артерия (ВСА), 2 – передняя мозговая артерия (ПМА), 3 – М1-сегмент средней мозговой артерии (СМА), 4 – лобная ветвь СМА, 5 – височная ветвь СМА, 6 – тромбозембол, 7 – баллонный направляющий катетер (ВГС), 8 – аспирационный катетер (АС), 9 – состояние после распрямления стент-ретривера – микрокатетер удален, 10 – стент-ретривер (SR).

**Fig. 3.** Scheme. Condition after straightening of the stent Retriever delivered inside the coaxial system "guide catheter-aspiration catheter-microcatheter" (steps to straightening stent-Retriever ignored because they correspond to classical TE stent-Retriever reproduced with the literature).

Conventional sign: 1 – internal carotid artery (ICA), 2 – anterior cerebral artery (ACA), 3 – M1 segment of the middle cerebral artery (MCA), 4 – the frontal branch of the MCA, 5 – the temporal branch of the MCA, 6 – thromboembol, 7 – balloon guide catheter (BGC), 8 – aspiration catheter (AC), 9 – the condition after straightening stent-Retriever, a microcatheter is removed, 10 – the stent Retriever (SR).

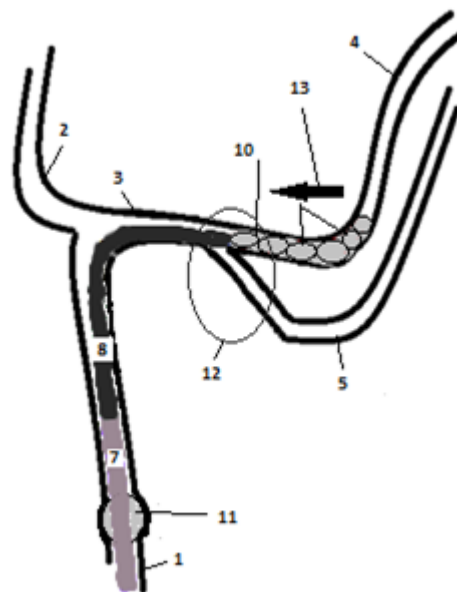


Рис. 4 (Fig. 4)

**Рис. 4.** Схема. Этап ТЭ после распрямления стент-ретривера. Выполняется тракция SR с дистальной аспирацией и временной окклюзией направляющим катетером [16].

Условные обозначения: 1 – ВСА, 2 – ПМА, 3 – М1-сегмент СМА, 4 – лобная ветвь СМА, 5 – височная ветвь СМА, 7 – ВГС, 8 – АС, 10 – SR, 11 – раздутый баллон ВГС, 12 – аспирация в АС, 13 – тракция SR в АС.

**Fig. 4.** Scheme. The stage of TE after straightening of the SR. SR traction is performed with distal aspiration and temporary occlusion with a guide catheter [16].

Conventional sign: 1 – ICA, 2 – ACA, 3 – M1 segment of the MCA, 4 – the frontal branch of the MCA, 5 – the temporal branch of the MCA, 7 – BGC, 8 – AC, 10 – SR, 11 – in-flated BGC, 12 – aspiration to the AC, 13 – traction of the SR in the AC.

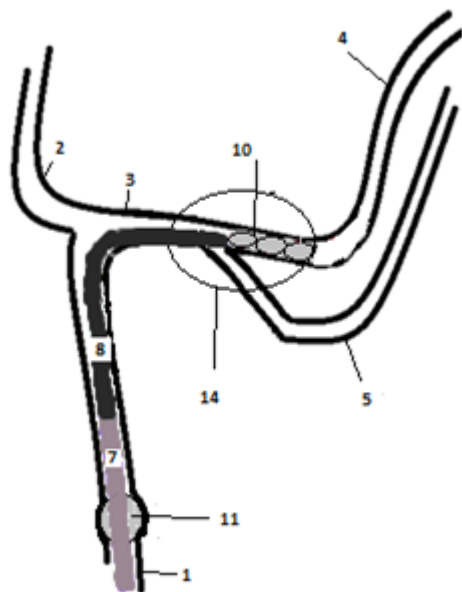


Рис. 5 (Fig. 5)

**Рис. 5.** Схема. Этап ТЭ в момент значительного тягового сопротивления СР с прекращением аспирационного потока от АС при сохранении вакуума [16].

Условные обозначения: 1 – ВСА, 2 – ПМА, 3 – М1-сегмент СМА, 4 – лобная ветвь СМА, 5 – височная ветвь СМА, 7 –ВГС, 8 –АС, 10 – SR, 11 – раздутый баллон ВГС, 14 – показан момент значительного сопротивления тракции SR с прекращением поступления аспириата из АС при сохранении разряжения в нем.

**Fig. 5.** Scheme. The stage of TE in the moment of significant traction resistance of the SR with the termination of aspiration flow from the AC while preserving the vacuum [16].

Conventional sign: 1 –ICA, 2 – ACA, 3 – M1 segment of the MCA, 4 – the frontal branch of the MCA, 5 – the temporal branch of the MCA, 7 – BGC, 8 – AC, 10 - SR, 11 – in-flated BGC, 14 – the moment of significant traction resistance of the SR with the termination of aspiration flow from the AC while preserving the vacuum in it is shown.

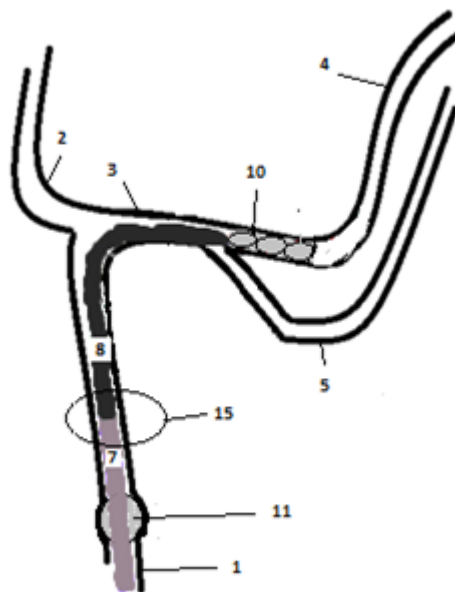


Рис. 6 (Fig. 6)

**Рис. 6.** Схема. Этап ТЭ в момент начала аспирации из направляющего катетера для создания разряжения в нем при заклинивании SR в АС [16].

Условные обозначения: 1 – ВСА, 2 – ПМА, 3 – М1-сегмент СМА, 4 – лобная ветвь СМА, 5 – височная ветвь СМА, 7 –ВГС, 8 –АС, 10 – SR, 11 – раздутый баллон ВГС, 15 – показана аспирация из просвета ВГС.

**Fig. 6.** Scheme. The stage of TE in the moment at the start of aspiration from the lumen of the BGC to create a vacuum in it when the SR is jammed in the speaker [16].

Conventional sign: 1 –ICA, 2 – ACA, 3 – M1 segment of the MCA, 4 – the frontal branch of the MCA, 5 – the temporal branch of the MCA, 7 – BGC, 8 – AC, 10 - SR, 11 – in-flated BGC, 15 – aspiration from the lumen of the BGC.

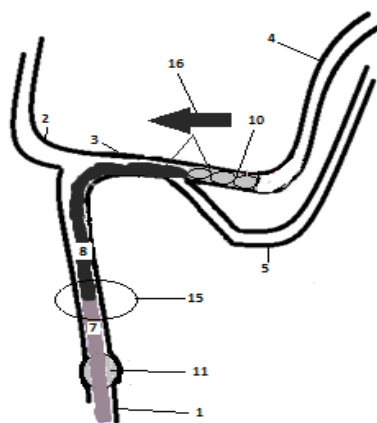


Рис. 7 а (Fig. 7 a)

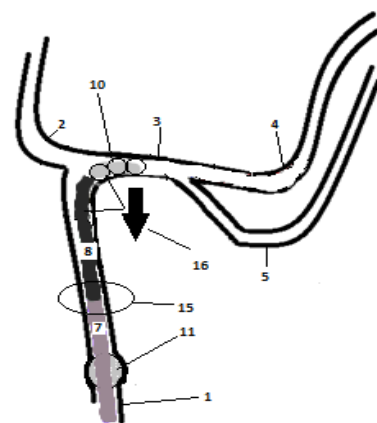


Рис. 7 б (Fig. 7 b)

**Рис. 7.** Схема. Этап тракции вакуум-блокированного комплекса «АС-тромбоэмбол-SR» в BGC (А и В) [16].

Условные обозначения: 1 – ВСА, 2 – ПМА, 3 – М1-сегмент СМА, 4 – лобная ветвь СМА, 5 – височная ветвь СМА, 7 –BGC, 8 – АС, 10 – SR, 11 – раздутый баллон BGC, 15 – показана аспирация из просвета BGC, 16 – тракция комплекса «АС – тромбоембол – SR» в BGC.

**Fig. 7.** Scheme. The traction stage is the vacuum of the blocked "AC-thromboembol-SR" complex in BGC (A и B) [16].

Conventional sign: 1 –ICA, 2 – ACA, 3 – M1 segment of the MCA, 4 – the frontal branch of the MCA, 5 – the temporal branch of the MCA, 7 – BGC, 8 – AC, 10 - SR, 11 – in-flated BGC, 15 – aspiration from the lumen of the BGC, 16 – traction of the complex "AC – thromboembol – SR" in the BGC.

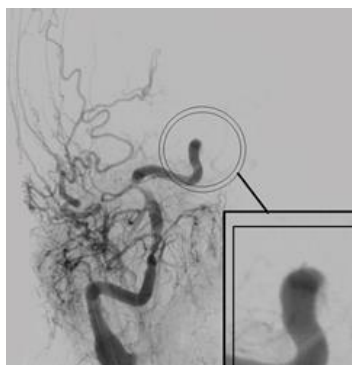


Рис. 8 (Fig. 8)

**Рис. 8.** Диагностическая ифровая субтракционная церебральная ангиограмма, прямая проекция с краниальной ангуляцией 18°. Окклюзия внутренней каротидной артерии.

Визуализирована окклюзированная в клиноидном о офтальмическом сегментах внутренняя каротидная артерия справа. Область культи обозначена контурным черным кругом (увеличение указанной области в контурном черном квадрате справа внизу).

**Fig. 8.** Diagnostic digital subtraction cerebral angiogram, direct projection with 18 ° cranial angulation. Internal carotid artery occlusion.

The internal carotid artery on the right, occluded in the clinoid about the ophthalmic segments, is visualized. The stump area is indicated by a black contour circle (an increase in the indicated area in a black contour square in the lower right).

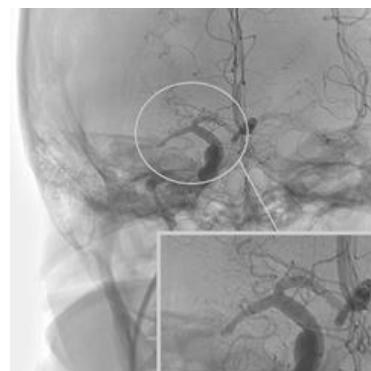


Рис. 9 (Fig. 9)

**Рис. 9.** Церебральная ангиограмма, прямая проекция с краниальной ангуляцией 18°. Состояние после 7 серий тракции стент-ретривера с проксимальной аспирацией внутренней каротидной и средней мозговой артерий.

Антеградный кровоток по внутренней каротидной артерии и передней мозговой артерии справа восстановлен после первой тромбэкстракции. Определяется эмболическая окклюзия 1-го сегмента правой средней мозговой артерии – область культи обозначена серым кругом (увеличение указанной области в сером квадрате справа внизу).

**Fig. 9.** Cerebral angiogram, direct projection with cranial angulation of 18 °. Condition after 7 series of traction of a stent retriever of internal carotid and cerebral arteries with proximal aspiration.

Antegrade blood flow through the internal carotid artery and anterior cerebral artery on the right is restored after the first thrombotic extraction. An embolic occlusion of the 1st segment of the right middle cerebral artery is determined - the area of the stump is indicated by a gray circle (an increase in the indicated area in a gray square at the bottom right).

стент-ретривера в зоне окклюзии. Предыдущие этапы пропущены, так как неоднократно описывались в литературе другими авторами. Первым обязательным этапом описываемой последовательности ТЭ является попытка выполнения тромбэкстракции стент-ретривером с дистальной аспирацией на фоне временной окклюзии баллонным направляющим катетером (рис. 3, 4). Реализация предложенного нами способа ТЭ происходит в тот момент, когда создается угроза отрыва стент-ретривера и/или фрагментации тромбозембола. При затруднении тракции стент-ретривера в просвет аспирационного катетера и при выраженном снижении аспирационного потока (рис. 5) выполняют удаление всего комплекса «аспирационный катетер-стент-ретривер-тромбозембол», сохраняя разряжение в системе реперфузионного катетера с дополнительной аспирацией из просвета направляющего катетера (рис. 6, 7).

При этом способе ТЭ стент покрывает тромбозембол по всей длине. Степень захвата удаляемого фрагмента ячейками не снижается в течение всей процедуры. При затруднении тракции стент-ретривера в просвет реперфузионного катетера в непосредственной близости к окклюзии одномоментный переход к стент-ассистированной вакуум-блокированной экстракции может уменьшить фрагментацию эмбола. Это возможно благодаря блокированию проксимальной части сгустка в аспирационном катетере за счет разряжения и исключению срезания крупного фрагмента об край аспирационного катетера. Аспирацию из направляющего катетера выполняют только при переходе к вакуум-блокированной тракции для перенаправления кровотока. В случае отсутствия значимого сопротивления ретривер удаляют в реперфузионный катетер. Для иллюстрации реализации предлагаемой последовательности ТЭ можно обратиться к ангиограммам, представленным на рисунках 8 – 10. В ходе выполнения ТЭ стент-ретривером с проксимальной аспирацией просвет ВСА и передней мозговой артерий восстановлен с первой попытки. Однако последующие 6 тракций приводили к удалению небольших фрагментов тромба с эмболией в более дистальные отделы СМА. Последующая ТЭ с использованием предлагаемой последовательности действий позволила удалить тромб без дифференцируемой дистальной эмболии.

Для новой последовательности ТЭ мы дали название «Комбинированная тромбэктомия стент-ретривером с дистальной аспирацией и переходом к вакуум-блокированной экстракции» (Stent-retrieval Combined thrombectomy with distal Aspiration switching to vacuum Locked Extraction) – «SCALE».

В нашей клинике последовательность SCALE применена у 27 пациентов, которые

имели риск потери тромба при применении стент-ретривера одновременно с дистальной аспирацией вблизи окклюзии крупного сосуда головного мозга. В качестве первого способа тромбэктомии данный метод был выбран у 9 пациентов, выборка которых отдельно включена в анализ. У остальных пациентов данная операция выполнялась для реперфузии в связи с неэффективностью таких методик, как прямая аспирация, ТЭ стент-ретривером с баллонным направляющим катетером и проксимальной аспирацией и некоторых других комбинированных видов ТЭ. Во всех случаях возникновении значительного сопротивления при тракции стент-ретривера в реперфузионный катетер мы переходили к модификации SCALE. Все случаи ТЭ подвергались интраоперационной ангиографической оценке эмболических осложнений, а в постоперационном периоде методами компьютерной томографии (КТ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга. При показаниях выполнялась контрастная компьютерная томография (КТА) головного мозга. Предоперационная подготовка была стандартной и не отличалась от описанной в современной литературе. После пункции общей бедренной артерии и выполнения ангиографии каротидного бассейна и церебральных артерий на стороне инсульта подтверждалась окклюзия артерии головного мозга. Следующим этапом, по обменному проводнику длиной более 260 см диаметром 0,035 дюйма выполнялась замена диагностического катетера на катетер 8 Fr с окклюдующим баллоном на дистальном конце. Последний устанавливался в каменистом сегменте каротидной артерии или проксимальнее при наличии окклюзии до этого участка. Далее в направляющий катетер коаксиально вводились реперфузионный катетер с микрокатетером и проводником 0,014 дюйма или вводился микрокатетер с проводником без реперфузионного катетера. Микрокатетер и, при необходимости, реперфузионный катетер доставлялись к окклюзии. После удаления из реперфузионного катетера другого инструментария могла выполняться прямая аспирация тромба в реперфузионный катетер. Еще один вариант подразумевал реканализацию окклюзии микрокатетером с проводником и контрастирование постокклюзионного русла для исключения перфорации. Затем проводник удаляли и доставляли через микрокатетер стент-ретривер. Расправление последнего осуществлялось статическим его удержанием и выводением микрокатетера. Мы старались позиционировать ретривер так, чтобы он покрывал тромб на всем протяжении и выходил за его пределы проксимально и дистально. После пятиминутной экспозиции выполнялась временная окклюзия баллоном направляющего катетера, и ре



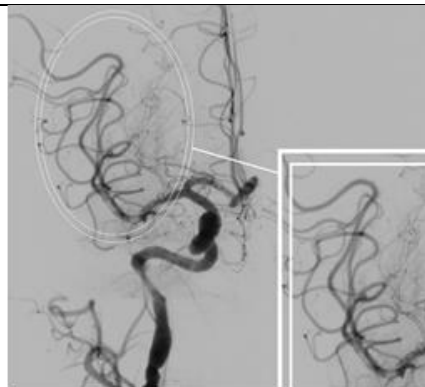


Рис. 10 (Fig. 10)

**Рис. 10.** Цифровая субтракционная церебральная ангиограмма, прямая проекция с краниальной ангуляцией 18°. Состояние после церебральной тромбэктомии стент-ретривером с дистальной аспирацией и переходом к вакуум-блокированной экстракции после безуспешных попыток тромбэктомии стандартным способом.

Определяется полное восстановление антеградного кровотока в бассейне средней мозговой артерии справа – обозначена контурным белым кругом (увеличение указанной области в контурном белом квадрате справа).

**Fig. 10.** Digital subtraction cerebral angiogram, direct projection with 18 ° cranial angulation. The state after cerebral thrombectomy with a stent retriever with distal aspiration and the transition to vacuum-blocked extraction after unsuccessful attempts to thrombectomy in a standard way.

The full restoration of antegrade blood flow in the basin of the middle cerebral artery on the right is determined - indicated by a white contour circle (an increase in the indicated area in a white contour square on the right).

тривер удалялся в него или в реперфузионный катетер. Одновременная аспирация выполнялась через тот катетер, в который выводили ретривер. КТ головного мозга без контрастирования и с контрастным усилением и неврологическая оценка выполнялись на этапе предоперационной подготовки, в послеоперационном периоде через 1-2 и 5-7 суток после ТЭ или экстренно. Основные исходные данные этих пациентов представлены в таблице №1. Медиана возраста во всей исследуемой группе составила 65 лет. Чуть более 50% пациентов составили женщины. Медиана оценок по ASPECT составила 10 баллов, NIHSS – 13 баллов, а по модифицированной шкале Рэнкина – 5 баллов. Распределение по подтипу инсульта было следующим: неуточненный – 29,6%, кардиоэмболический – 44,4%, атеротромботический – 25,9%. Артери-

альная гипертензия зафиксирована у более 80% пациентов. Превентивная тромболитическая терапия выполнялась лишь в 18,5% случаев в связи со значительной частью противопоказаний у оставшейся части пациентов (табл. №1). Данные о локализации инсульта, характере поражения магистральных артерий головного мозга и особенностях проводимого вмешательства представлены в таблице №2. Около 60% всех инсультов составляли случаи левосторонней локализации окклюзии, более 90% которых были в бассейне средней мозговой артерии. Сочетанный характер окклюзии средней мозговой и каротидной артерии составил 40% от всех исследуемых случаев. В одном случае ТЭ выполнялась из базилярной артерии. Комбинированный эндотрахеальный наркоз выполнялся в 92,6% клинических ситуаций. Медиана времени от начала инсульта до пункции бедренной артерии составила 190 минут (табл. №2). Основные исходы лечения и влияние модифицированной тромбэкстракции на осложнения и эффективность процедуры изложены в таблицах №3 и №4. После финальной комбинированной тромбэктомии с дистальной аспирацией и переходом к вакуум-блокированной тромбэкстракции реканализация mTICI 3 составила 100% (27/27). Дистальная эмболия во всей группе выявлена после других методов тромбэктомии и составила 33% – 8 случаев. Значимое эмболическое осложнение, усугубившее неврологический дефицит, выявлено в 14,8%. Реокклюзия ВСА зафиксирована в 18,5%. Геморрагическая трансформация определена в 59,3% случаев, как любое гиперденное образование контрастной плотности при контрольной КТ до 7 суток после инсульта, симптомная геморрагическая трансформация – в 29,6%. Быстрое восстановление неврологического статуса отмечено в 25,9%, выздоровление к моменту выписки из стационара, с модифицированной оценкой Рэнкина 0-2 балла, составило 40,7%. Частота летального исхода была 11,1% – три случая, из которых – 2 случая с полиорганной недостаточностью и 1 – с острым инфарктом миокарда. Медиана длительности тромбэктомии составила 115 минут (табл. №3).

Необходимо выделить 9 случаев ТЭ, у которых методика ТЭ с аспирацией в непосредственной близости к удаляемому ретриверу была выбрана в качестве первого способа. Невозможность безопасного окончания выполнения данной техники потребовала одномоментного перехода к последовательности SCALE. Медиана длительности операции в этой выборке составила 70 минут. В случае первичного применения данного способа ТЭ оценка 0-2 балла по шкале Рэнкина к концу госпитализации была у 55% пациентов, без дистальной эмболии и распространения инсульта на новые территории

**Таблица №1. Основные характеристики пациентов.**

Параметры	n1 (N=27)	n2 (N=9)
Общая выборка исследования: 27 пациента с ОИИ с изолированной окклюзией СМА и с сочетанной окклюзией ВСА и СМА, n (%)	27	
Возраст, Ме [Q1; Q3] (лет)	65 [52; 78]	62 [57; 74]
Фракция выброса, Ме [Q1; Q3] (%)	62 [45; 67]	57 [40; 66]
Шкала ASPECT, Ме [Q1; Q3] (баллов)	10 [8; 10]	9 [8; 10]
Шкала NIHSS, Ме [Q1; Q3] (баллов)	13 [10; 16]	12 [8; 16]
Шкала mRs, Ме [Q1; Q3] (баллов)	5 [4; 5]	4 [4; 5]
Уровень глюкозы крови, Ме [Q1; Q3] (г/л)	6,49 [5,4; 7,91]	6,5 [5,85; 11,27]
Уровень фибриногена крови, Ме [Q1; Q3] (г/л)	3,45 [2,73; 4,17]	2,85 [2,48; 3,66]
Систолическое давление, Ме [Q1; Q3] мм. рт. ст.	150 [137; 160]	158 [139; 185]
Диастолическое давление, Ме [Q1; Q3] мм. рт. ст.	84 [79; 95]	84 [79; 98]
Креатинин крови Ме [Q1; Q3] (ммоль/л)	72 [62; 88,8]	73 [61,5; 85,1]
Параметры	n1 (N=27), % (n)	N2 (N=9), % (n)
Женщины, % (n)	52,3 % (16)	66,7 % (6)
<b>Подтип инсульта по TOAST, n (%)</b>		
Неуточненный	29,6 % (8)	55,6 % (5)
Кардиоэмболический	44,4 % (12)	33,3 % (3)
Атеротромботический	25,9 % (7)	11,1 % (14)
<b>Кардиоваскулярные факторы риска, n (%)</b>		
Гипертензия	85,2 % (23)	88,9 % (8)
Сахарный диабет	29,6 % (8)	55,6 % (5)
<b>Сопутствующие заболевания, n (%)</b>		
ОИМ в анамнезе	,7 % (1)	11,1 % (1)
ОНМК в анамнезе	18,5 % (5)	33,3 % (3)
Фибрилляция предсердий	48,1 % (13)	44,4 % (4)
Регургитация на аортальном клапане	48,1 % (13)	22,2 % (2)
Регургитация на митральном клапане	66,7 % (18)	55,6 % (5)
<b>Статус при поступлении в операционную</b>		
Превентивный тромболизис, % (n)	18,5 % (5)	22,2% (2)
<p>ОИИ - острый ишемический инсульт; ASPECT, ОИМ - острый инфаркт миокарда; ОНМК - острое нарушение мозгового кровообращения; СМА - средняя мозговая артерия; ВСА - внутренняя сонная артерия; TOAST - классификация подтипа ишемического инсульта; ASPECT, Alberta Stroke Program Early Ct Score - шкала оценки ранних КТ-признаков ишемии головного мозга; NIHSS, National Institutes of Health Stroke Scale - шкала инсульта Национального института здоровья, mRs, Modified Rankin scale - шкала Рэнкина - оценки функциональных исходов.</p>		

**Таблица №2. Основные характеристики поражения в бассейне инсульта и особенности тромбэктомии.**

Параметры	n1 (N=27)	n2 (N=9)
Протяженность окклюзии по КТ, Ме [Q1; Q3] (мм)	22,8 [13,6; 28,5]	22 [11,6; 24,7]
Время до начала реперфузии, Ме [Q1; Q3] (мин)	190 [139; 255]	210 [170; 295]
Параметры	n1 (N=27), % (n)	N2 (N=9), % (n)
<b>Локализация, топография поражения, особенности анатомии, % (n)</b>		
Документированная окклюзия СМА по КТ и КТАГ	96,3 % (26)	100 % (9)
Окклюзия ВСА	40,7 % (11)	11,1 % (1)
Проксимальная окклюзия ВСА	25,9 % (7)	11,1 % (1)
Дистальная окклюзия ВСА	40,7 % (11)	0
Диффузный тромбоз ВСА	11,1 % (3)	0
Тандемная окклюзия ВСА	22,2 % (6)	0
Левополушарный инсульт	59,3 % (16)	66,7 % (6)
Извитость каротидной артерии	44,4 % (12)	33,3 % (3)
Окклюзия ПМА	22,2 % (6)	0
Окклюзия БА	3,7 % (1)	0
<b>Состояние коллатерального кровотока по данным КТАГ, n (%)</b>		
Коллатеральный кровоток отмечен	74,1 % (20)	77,8 % ( )
Определение коллатерального кровотока не проводилось	25,9 % (7)	22,2 % (2)
<b>Состояние коллатерального кровотока по данным АГ, % (n)</b>		
Коллатеральный кровоток дифференцируется	74,1 % (20)	77,8 % (7)
Коллатеральный кровоток выраженный	51,9 (14)	44,4 % (4)
Коллатеральный кровоток не выраженный	22,2 % (6)	33,3 % (3)
<b>Состояние Виллизиевого круга, n (%)</b>		
Замкнутый Виллизиев круг	22,2 % (6)	44,4 % (4)
Состояние Виллизиевого круга значимо	18,5 % (5)	11,1 % (1)
Анестезия с применением КЭТН, % (n)	92,6 % (25)	88,9 % (8)
<b>Кровоток ТICI достигнут с числа проходов, % (n)</b>		
mTICI3 с 1 прохода	37 % (10)	100 % (9)
mTICI3 с 2 проходов	63 % (17)	100 % (9)
mTICI2b с 1 прохода	3,7 % (1)	0
mTICI2b с 2 проходов	3,7 % (1)	0
Применение БАП ВСА	22,2% (6)	22,2% (2)
<b>Стенозы КА более 50%, % (n)</b>		
Стеноз ипсилатеральной КА	29,6 % (8)	44,4 % (4)
Стеноз контралатеральной КА	11,1 % (3)	11,1 % (1)
<b>Стеноз более 50% ипсилатеральной КА с типом атеросклеротической бляшки по классификации G. Geroulakokos от 1 до 5, % (n)</b>		
1 - однородная эконегативная	0	0
2 - эконегативная с более чем 50% эхопозитивными включениями	3,7 % (1)	11,1 % (1)
3 - эхопозитивная с более чем 50% эконегативными включениями	11,1 % (3)	0
4 - эхопозитивная	0	
5 - с акустической тенью	3,7 % (1)	11,1 % (1)
нестабильная бляшка КА	14,8 % (4)	11,1 % (1)

СМА - средняя мозговая артерия; ВСА - внутренняя сонная артерия; ПМА - передняя мозговая артерия; КТ - компьютерная томография; КТАГ - компьютерная томография с контрастированием; КА - каротидная артерия; КЭТН - комбинированный эндотрахеальный наркоз; mTICI, modified treatment in cerebral ischemia - модифицированная шкала ишемии при церебральной ишемии; классификация G. Geroulakokos по типу УЗ-характеристик бляшки.

**Таблица №3. Исходы лечения.**

Параметры	n1 (N=27)	n2 (N=9)
NIHSS 2 сут, медиана [25% и 75%] (баллов)	8 [5; 14]	6 [0; 12]
NIHSS 7 сут, медиана [25% и 75%] (баллов)	6 [1; 14]	6 [0; 12]
NIHSS при выписке, медиана [25% и 75%] (баллов)	5 [1; 1]	3 [0; 8]
mRs 2 сут, медиана [25% и 75%] (баллов)	4 [4; 5]	5 [2; 5]
mRs 7 сут, медиана [25% и 75%] (баллов)	4 [2; 5]	4 [1; 5]
mRs при выписке, медиана [25% и 75%] (баллов)	3 [2; 4]	2 [1; 3]
Кровоток mTICI3 достигнут с, медиана [25% и 75%] (проход)	2 [1; 5]	1 [1; 1]
Кровоток mTICI2b3 достигнут с, медиана [25% и 75%] (проход)	2 [1; 2]	
Длительность тромбэктомии, медиана [25% и 75%] (мин)	115 [80; 145]	70 [60; 80]
<b>Параметры</b>	<b>n1 (N=27), % (n)</b>	<b>N2 (N=9), % (n)</b>
Финальная реперфузия mTICI, % (n)		
3	100 % (27)	100 % (9)
2b	0	0
Частота успешной ревааскуляризации, % (n)	100 % (27)	100 % (9)
Дистальная эмболизация, n (%)	33 % (9)	0
Значимая дистальная эмболия, n (%)	14,8 % (4)	0
Реокклюзия ВСА, n (%)	18,5 % (5)	22,2 % (2)
Реокклюзия СМА, % (n)	0	0
ICH, n (%)	59,3 % (16)	66,7 % (6)
sICH, n (%)	29,6 % (8)	33,3 % (3)
Драматическое восстановление, n (%)	25,9 % (7)	33,3 % (3)
mRs 0-2, n (%)	40,7 % (11)	55,6 % (5)
mRs 3-5, n (%)	48,1 % (13)	33,3 % (3)
mRs 6, n (%)	11,1 % (3)	11,1 % (1)

NIHSS, National Institutes Of Health Stroke Scale - шкала инсульта Национального института здоровья; mRs, Modified Rankin scale - шкала Рэнкина - оценки функциональных исходов.

**Таблица № 4. Оценка влияния признаков на исходы при выполнении тромбэктомии.**

Влияние признака на исходы	вектор	ОР 95% CI	Уровень значимости, p
Применение новой методики удаления тромба в качестве первой на вероятность достижения кровотока mTICI 3 с первой попытки	↑	ОР 18 (2,679 - 120,918)	<0,0001
Использования новой методики удаления тромба в качестве первой на вероятность эмболизации	↓	ОР 2 (1,26 - 3,174)	0,034



**Таблица №5. Анализ результатов различных способов тромбэктомии из артерий головного мозга. (BCA – внутренняя сонная артерия, CMA – средняя мозговая артерия, БА – базилярная артерия).**

Исследованная методика и локализация поражения	Частота реперфузии полная/частичная (TICI 3/2b)	Время от пункции до реперфузии	Удовлетворительный функциональный статус (mRs 0-2)	Частота фрагментации тромбозмбола или дистальной эмбол и	N (число наблюдений)
ADAPT* (BCA†, CMA‡, БА§) [27]	75% (65%/10%)	28,1 минут	н/д <sup>1</sup>	24,3% (9 случаев последующего использования стент-ретривера)	37
BGC** vs GC†† (CMA‡) [28]	63% vs 48%, p=0,04	н/д	н/д	5% vs 21%, p<0,001	139
BGC** vs GC†† (BCA†) [28]	86,3% vs 72,7%, p=0,04	н/д	н/д	6,8% vs 31,8%, p<0,001	
Switch‡‡ vs FAST§§ [29]	85,1% vs 73,8%, p = 0,10	60 минут vs 68 минут	67,6% vs 49,2%, p=0,03	н/д	135
Solumbra <sup>  </sup> (BCA†, CMA‡, БА§) [31]	88%	н/д	44%	н/д	105
SMAT*** vs MAT††† [33]	91% vs 88%, p>0,05	49 минут vs 77 минут, p < 0.00001	42% vs 46%, p>0,05	н/д	195
PROTECT*** vs MAT††† [34]	100% vs 78%	29 минут vs 40 минут, p =0,002	н/д	1% vs 3%, p = 0,846	200
SAVE§§§ [35]	100%	44,5 минут ±25,8 минут	59%	0%	32
Собственная модификация тромбэктомии из сосудов головного мозга	100%	100 (70; 140) минут	40,74%	14,81% из всей группы и 0% - для случаев применения данной техники в качестве первой)	27

В скобках первого столбца указана локализация окклюзии, данные анализа которых представлены в соответствующих ячейках правее.

\*ADAPT – техника прямой аспирации первого прохода (от англ. A Direct Aspiration First Pass Technique) [26]; †BCA – внутренняя сонная артерия; ‡CMA – средняя мозговая артерия, §БА – базилярная артерия; /н/д – не доступно; \*\*BGC – баллонный направляющий катетер (от англ. Balloon Guide Catheter), ††GC – направляющий катетер (от англ. Guide Catheter) [27]; ‡‡Switch (переход) – стратегия перехода [28], §§FAST – форсированная артериальная аспирационная тромбэктомия (от англ. Forced arterial suction thrombectomy) [17]; ||Solumbra – опосредованная стент-ретривером, мануальная аспирационная тромбэктомия (от англ. Solitaire – пасьянс, торговое наименование стент-ретривера, Penumbra – полутень, комплекс устройств для аспирации тромба компании «Penumbra») [30]; \*\*\*SMAT – стент-ретривер опосредованная мануальная аспирационная тромбэктомия (от англ. Stent Retriever-mediated Manual Aspiration Thrombectomy), †††MAT – мануальная аспирационная тромбэктомия (от англ. Manual aspiration thrombectomy) [32]; ‡‡‡PROTECT – проксимальная баллонная окклюзия вместе с прямой аспирацией тромба во время тромбэктомии стент-ретривером (от англ. Proximal balloon occlusion together with direct thrombus aspiration during stent retriever thrombectomy) [33]; §§§SAVE – стент-ретривер-ассистированная вакуум-блокированная экстракция (от англ. Stent retriever assisted vacuum-locked extraction) [34].

(табл. №3). Предлагаемая последовательность в 18 раз способна увеличить вероятность достижения полной реперфузии с первой попытки ТЭ RR 18; 95% CI, 2,679 - 120,918,  $p < 0,0001$ , и в 2 раза уменьшает вероятность эмболических осложнений при первичном ее применении RR 2; 95% CI, 1,26 - 3,174,  $p = 0,034$  (табл. №4).

Основной проблемой данного исследования была идентификация эмболических осложнений. Наиболее полные количественные данные этого явления «in vivo» могут быть получены в режиме реального времени только при использовании метода транскраниальной доплерографии. Однако он был недоступен в большей части клинической практики. Тем не менее, судить о данном осложнении можно по данным прямой ангиографии – определение дистальной окклюзии или новой, нецелевой окклюзии сосуда, а также сопоставляя эти данные с динамической неврологического дефицита и динамическим выполнением компьютерной томографии. Таким образом, мы получили представление о качественной оценке эмболии непосредственно после выполненной ТЭ.

Сравнительная характеристика наиболее эффективных и изученных методов церебральной тромбэктомии представлена в таблице №5. В первом столбце указана локализация окклюзии применительно к описываемым методикам. Трудности представляли получение данных обследования пациентов через 3 месяца после инсульта. В связи с этим, данный параметр для сравнения не учитывался. Частота полной реперфузии 100%, полученная нами при анализе, соответствует описываемым в исследованиях эффективности методик PROTECT и SAVE. Скорость выполнения тромбэктомии в исследовании модифицированной ТЭ SCALE – 100 минут, что почти в 2 раза выше, чем в сравниваемых методиках. Это можно объяснить многократными попытками удаления тромба другими способами. Мы отмечаем достаточно высокую долю удовлетворительных функциональных исходов в своем анализе. Случаи дистальной эмболии в представленной выборке выявлены до применения SCALE.

#### **Обсуждение.**

Анализ известных способов тромбэктомии.

Аспирационные способы тромбэктомии ADAPT и FAST.

Механическое разрушение тромба «mechanical clot disruption» (MCD) увеличивало частоту реканализации целевой артерии при системном тромболизисе, но сопровождалось высоким процентом дистальной эмболии [17-20] и, в связи с этим, широко не распространено. Применение стент-ретриверов вдвое сократило время реканализации и увеличило частоту достижения пациентами хорошего функциональ-

ного исхода [21].

ADAPT (A Direct Aspiration First Pass Technique) – аспирационный метод тромбэктомии, основанный на постепенном устремлении тромба в аспирационный катетер за счет ретроградного кровотока, достигаемого постоянным воздействием электрической помпы. Направляющий катетер устанавливается перед каменистым отделом внутренней сонной артерии или другой артерии-источника в бассейне инсульта. Далее аспирационный катетер проводится к тромбу. Третьим этапом выполняется аспирация [17, 22]. Заявленным преимуществом данного способа является удаление протяженного фрагмента при условии предварительного тромболизиса, что оказалось статистически незначимым по частоте достижения удовлетворительного функционального исхода – 38% (19/50) по сравнению только с тромболизисом 30% (14/46),  $p = 0,44$  [23]. Этот способ исключает вероятность отрыва тромба в результате спазма внутренней сонной артерии в ответ на раздражение сосудистой стенки. Однако он не имеет проксимальной и дистальной защиты от эмболизации, и при ретроградном устремлении сгустка риск эмболизации фрагментами сгустка возрастает в два раза по сравнению с комбинированными подходами к тромбэктомии [24], вследствие восстановления антеградного кровотока вдоль катетера. Так же значительную трудность вызывает низкая вероятность аспирации сгустка, превышающего диаметр реперфузионного катетера. Вследствие этого снижается вероятность прямого устремления тромбоэмбола в реперфузионный катетер из терминального отдела ВСА и зоны с выраженным изгибом.

Методика FAST (Forced arterial suction thrombectomy) заключается в проведении реперфузионного катетера и вакуумной фиксации его к проксимальной части тромба с последующей тракцией всего комплекса. Данная модификация показала успешную реканализацию в 75% с кровотоком TICI 3 в 65%, а TICI 2b – в 10% случаев. Тем не менее, в части случаев потребовалось применение стент-ретривера [17, 25-27], что говорит о вероятной дистальной эмболии фрагментами аспирируемого сгустка, либо о неэффективности методики в конкретной клинической ситуации. Дистальная эмболизация при этом способе тромбэктомии составила 5,7%, а симптомные внутримозговые кровоизлияния – 2,4% [27]. Данные сопоставимы с изолированным применением стент-ретривера.

Увеличение внутреннего просвета реперфузионного катетера будет способствовать более эффективному захвату плотных сгустков с высокой тромботической нагрузкой, в том числе и из ВСА. Однако это сделает невозможным выполнение тем же устройством захвата сгуст-

ка из артерии меньшего диаметра.

Применение стент-ретривера с баллонным окклюзирующим направляющим катетером «BGC+SR».

Ретроспективное исследование эффективности использования баллонного направляющего катетера для профилактики дистальной эмболии показало статистически значимое преимущество по реканализации TICI 3/2b 63% при окклюзии CMA и 86,3% - ВСА – TICI 3/2b, перед направляющими катетерами без баллона – 48 % и 72,7% соответственно (отношение шансов (OR), 0,6; 95% доверительный интервал (CI), 0,2-1,4; P = 0,04), а также преимущество по частоте дистальной эмболии 5 – 6,8% против 21 – 31,8% (OR, 6,3, 95% ДИ, 2,2-18,0, P <0,001) в группах соответственно. Использование баллонного направляющего катетера [28] и обкрадывание мозгового кровотока снижают риск дистальной эмболизации фрагментами тромба диаметром более 1 мм, p <0,01 [27, 28]. Несмотря на это, методика не лишена недостатков. Она может спровоцировать сосудистый спазм, что повышает потенциальный риск отрыва дистального фрагмента тромба. Дополнительным лимитирующим фактором данного способа тромбэктомии может выступать недостаточная длина и диаметр стент-ретривера. При этом вероятность потери тромба увеличивается в момент перехода стент-ретривера из сосуда с меньшим, чем он диаметром или равным ему, в сосуд большего калибра. В случае сокращения стента увеличение площади его ячеек ослабевает степень захвата в них тромботических масс.

Комбинация дистальной аспирации и стент-ретривера.

Тактика ТЭ стент-ретривером, доставленным к окклюзии через реперфузионный катетер после неудачной первичной аспирации тромба, получила название «Стратегия перехода (Switch)», а метод получил название «аспирационная тромбэктомия, опосредованная стент-ретривером» (Stent Retriever-Mediated Manual Aspiration Thrombectomy, SMAT, Solumbra). Данный способ ТЭ показал преимущество по частоте реканализации TICI 2b-3 до 85,1% против 73,8%, p = 0,10) и улучшение частоты хорошего функционального исхода через 90 суток 67,6% против 49,2%, p = 0,03 по сравнению только с дистальной аспирацией. Использование двух модальностей при ТЭ улучшает ангиографические результаты [17, 29-31].

Способ ТЭ Solumbra (от названий устройств: для механической тромбэктомии – стент-ретривера Solitaire и для прямой аспирации тромба – Penumbra) основан на выполнении ТЭ стент-ретривером с дистальной аспирацией [1, 27].

Ряд авторов называет принцип этой ТЭ «стент-ретривер опосредованной мануальной

аспирационной тромбэктомией» (Stent Retriever-Mediated Manual Aspiration Thrombectomy). Ретроспективный анализ 105 пациентов с применением способа тромбэктомии Solumbra показал частоту успешной реваскуляризации TICI 2b 88% с уровнем функционально независимого исхода 0-2 балла по шкале Рэнкина у 44% пациентов [17, 30-33].

Способ тромбэктомии стент-ретривером с применением проксимальной защиты от эмболии, дистальной аспирации и обкрадыванием мозгового кровотока «PROTECT».

Комбинированная методика PROTECT является модифицированной техникой Solumbra и отличается от нее одновременной аспирацией в просвет направляющего катетера на фоне временной окклюзии крупной артерии головного мозга [28]. Данный метод показал статистически значимые превосходства над дистальной аспирацией по скорости и частоте реперфузии, а также по частоте полной реперфузии – 29 минут против 40 минут, p = 0,002, 100% против 78%, p = 0,001 и 70% против 39%; p <0,001 соответственно [34]. Потенциально метод может иметь следующие ограничения, которые могут способствовать возможной эмболии мозговых артерий и увеличению зоны инсульта в результате недостаточного реверса кровотока из передней и задней соединительных артерий. Используемые в настоящее время направляющие катетеры с наружным диаметром 8 Fr ограничивают выбор реперфузионного катетера наружным диаметром до 5 Fr, а направляющие катетеры 9 Fr – реперфузионного катетера до 6 Fr соответственно. Выбор реперфузионного катетера большего диаметра для повышения эффективности дистальной аспирации, в свою очередь приводит к малому остаточному просвету в направляющем катетере и, соответственно, неэффективности проксимальной аспирации. Выбор же реперфузионного катетера меньшего диаметра может увеличить вероятность эмболизации в зоне дистальной аспирации следующими механизмами. Во-первых, повышается вероятность срезания тромба при форсированной тракции ретривера в реперфузионный катетер. Во-вторых, происходит снижение эффективности аспирации за счет конкурентного аспирационного потока между дистальными частями направляющего и реперфузионного катетера. Данные негативные эффекты можно нивелировать при использовании направляющего катетера с внутренним просветом, значительно превышающим наружный просвет реперфузионного катетера и усовершенствованием данной методики, что будет показано ниже.

ТЭ с применением методики стент-ассистированной вакуум-блокированной экстракции «SAVE».

Стент-ассистированная вакуум-блокированная экстракция – «stent retriever assisted vacuum-locked extraction» (SAVE). Данная комбинированная техника является комбинацией ТЭ с использованием стент-ретривера и техники FAST. После установки направляющего баллонного катетера выполняют размещение реперфузионного катетера непосредственно перед тромбом. Стент-ретривер расправляется за тромбом и прикрывает только его дистальную треть. Выполняется аспирация из реперфузионного катетера до прекращения аспирационного потока. Далее, при сохраняющемся разряжении в реперфузионном катетере и аспирации из направляющего катетера на фоне временной окклюзии баллона в питающем сосуде, выполняют тракцию всего комплекса «стент-реперфузионный катетер-тромб». Постоянное прилегание страт стент-ретривера к стенкам сосуда дистальнее тромба на протяжении ТЭ обеспечивает эффект дистальной защиты от эмболии, а отрицательное давление в реперфузионном катетере обеспечивает фиксацию проксимальной части эмбола. Опыт трех крупных инсультных центров показал высокую частоту реперфузии первого прохода mTICI 3% – 72% со средним временем операции 36 минут ± 15,8. Реперфузия mTICI 3/2b составила 100% со средним числом проходов 1,2 ± 0,7 и средней длительностью операции 44,5 минуты ± 25,8. Частота эмболизации на новые территории составила 0%. Частота достижения функционального исхода 0-2 балла по шкале Рэнкин составила 59% [35]. Недостатками данной методики являются низкая эффективность аспирации из окклюдированного баллонного направляющего катетера до окончательной эвакуации в него стент-ретривера и реперфузионного катетера, а также отсутствие в части случаев фиксации средней части тромба [36]. При тракции комплекса это может привести к фрагментации тромба и эмболии. При пассивном расправлении стента дистальная часть тромба фиксирована только за счёт радиального прижатия к стенке артерии.

Несмотря на высокие цифры длительности ТЭ при оценке всех случаев лечения пациентов с применением последовательности SCALE, эти негативные результаты можно объяснить ее использованием как операции отчаяния после многократных попыток удаления тромба другими методиками. Так же, причинами всех случаев эмболических осложнений являлись другие методики тромбэктомии. При применении ТЭ SCALE как первой операции не зафиксировано ни одного случая дистальной эмболии и фрагментации тромба, а медиана времени снижается до 70 минут, что сопоставимо с данными большей части анализируемых методик. Таким образом, сравнительный анализ

результатов применения различных способов тромбэкстракции представлен в таблице №5 (табл. №5) и демонстрирует следующее.

1. Методики удаления тромба, комбинирующие дистальную аспирацию и стент-ретривер, имеют преимущество по сравнению с аспирационными подходами к ТЭ в сокращении периода до полной реперфузии.

2. Дополнение любой методики с применением стент-ретривера баллонной окклюзией крупного сосуда шеи в качестве проксимальной защиты от эмболии значительно снижает риск распространения инсульта на новые сосудистые участки головного мозга и увеличивают частоту успешной реканализации.

3. Подход дистальной аспирации, опосредованной стент-ретривером, не показал преимуществ по достижению функционально независимого исхода пациентами перед изолированной мануальной аспирацией, но превосходит методику форсированного удаления аспирируемого сгустка.

4. Применение последовательности SCALE при комбинированной ТЭ в качестве операции выбора имеет тенденцию к сокращению явлений дистальной эмболии и фрагментации тромба, и может увеличить частоту достижения полной реперфузии при безуспешности других методов удаления тромба.

Предлагаемая ТЭ «SCALE» сочетает несколько модальностей удаления тромбоэмбола из артерий головного мозга и не противоречит современным рекомендациям. Она является последовательной, логически обоснованной и демонстрирует высокий уровень успешной и полной реперфузии головного мозга с минимальной эмболизацией сосудов головного мозга при остром ишемическом инсульте с документированной окклюзией крупного церебрального артериального ствола. Успешная эндоваскулярная реперфузия привела к улучшению функционального статуса около половины пролеченных пациентов. Новая модификация тромбэктомии обладает достаточным уровнем защиты от эмболических осложнений. По перечисленным результатам данный способ удаления тромбоэмбола сопоставим с современными методиками SAVE и PROTECT и может эффективно применяться в качестве операции выбора или при безуспешности других методов ТЭ.

#### **Заключение.**

Рациональная комбинация различных подходов к тромбэктомии показывает лучшие результаты реперфузии и позволяет устранять острую окклюзию сосудов головного мозга за минимальное число попыток и без увеличения риска дистальной эмболии.

Дальнейшее изучение и освоение предложенной последовательности комбинированной тромбэктомии с дистальной аспирацией и пе-



реходом к вакуумблокированной экстракции позволит применять ее более широко в качестве первого метода при значительной тромботической нагрузке в зоне окклюзии, и в случае неэффективности других методов.

Требуется рандомизированный сравнительный анализ данного подхода тромбэктомии с наиболее изученной методикой – ТЭ стент-ретривером с перенаправлением мозгового

кровотока.

#### Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

#### Список Литературы:

- ВОЗ. Сердечно-сосудистые заболевания (2017). Доступно по адресу: <http://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/cardiovascular-diseases-cvds> (дата обращения 14 июня 2019).
- Jansen O., von Kummer R., Forsting M., Hacke W., Sartor K. Thrombolytic therapy in acute occlusion of the intracranial internal carotid artery bifurcation. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1995; 16 (10): 1977-1986.
- Furlan A., Higashida R., Wechsler L. Gent M., Rowley H., Kase C. et al. Intra-arterial prourokinase for acute ischemic stroke. The PROACT II study: a randomized controlled trial. *Prolyse in Acute Cerebral Thromboembolism. JAMA.* 1999 Dec; 282 (21): 2003 – 2011. DOI: 10.1001/jama.282.21.2003
- Домашенко М.А., Максимова М.Ю., Гафарова М.Э., Танащян М.М., Антонова К.В., Пирадов М.А. Персонализация подходов к реперфузионной терапии ишемического инсульта. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2017; 11(1): 7 – 13.
- Домашенко М.А., Панова К.В., Муртазалиева Д.М., Гафарова М.Э., Лоскутников М.А., Максимова М.Ю. и др. Персонализация тромболитической терапии пациентов с ишемическим инсультом. *Medica mente/Лечим с умом.* 2017; 3(1): 45 – 48.
- Urbach H., Hartmann A., Pohl C., Omran H., Wilhelm K., Flacke S. et al. Local intra-arterial thrombolysis in the carotid territory: does recanalization depend on the thrombo-embolus type? *Neuroradiology.* 2002; 44(8): 695-699. DOI: 10.1007/s00234-002-0762-6
- Riedel C., Zimmermann P., Jensen-Kondering U., Stingele R., Deuschl G., Jan-sen O. The Importance of Size. *Stroke.* 2011; 42(6): 1775-1777. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.609693
- del Zoppo G., Poeck K., Pessin M., Wolpert S., Furlan A., Ferbert A. et al. Re-combinant tissue plasminogen activator in acute thrombotic and embolic stroke. *Annals of Neurology.* 1992; 32(1): 78-86. DOI:10.1002/ana.410320113
- Mori E., Yoneda Y, Tabuchi M., Yoshida T., Ohkawa S., Ohsumi Y. et al. Intra-venous recombinant tissue plasminogen activator in acute carotid territory stroke. *Neurology,* 1992; 42: 976-982. DOI: 10.1212/wnl.42.5.976
- Шамалов Н.А. Оптимизация реперфузионной терапии у пациентов с ишемическим инсультом: Диссертация док. мед. наук. Москва, 2012. 355 с.
- Lansberg M.G., Thijs V.N, Bammer R., Kemp S., Wijman C.A., Marks M.P. et al. Risk factors of symptomatic intracerebral hemorrhage after tPA therapy for acute stroke. *Stroke.* – 2007; 38: 2275-2278. DOI: 10.1161/STROKEAHA.106.480475
- Корниенко В.Н., Пронин И.Н. Диагностическая нейрорадиология. Москва, Институт Нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко, 2006. 1317 с.
- Nikoubashman O., Reich A., Pjontek R., Jungbluth, M., Wiesmann M. et al. Postinterventional subarachnoid haemorrhage after endovascular stroke treatment with stent retrievers. *Neuroradiology.* 2014; 56(12): 1087-1096. DOI: 10.1007/s00234-014-1424-1
- Kaesmacher J., Boeckh-Behrens T., Simon S., Maegerlein C., Kleine J., Zimmer C. et al. Risk of Thrombus Fragmentation during Endovascular Stroke Treatment. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2017; 38(5): 991-998. DOI: 10.3174/ajnr.A5105
- Логвиненко Р.А., Домашенко М.А., Францевич А.М., Араблинский Ал.В., Араблинский Ан.В., Коков А.С. О выборе реперфузионной стратегии в острейшем периоде ишемического инсульта. *Диагностическая и интервенционная радиология.* 2018; 12 (2): 77-84.
- Логвиненко Р.А., Араблинский Ал.В., Домашенко М.А., Коков А.С., Яхонтов Д.И., Панова К.В., Францевич А.М. Способ рентгенэндоваскулярной комбинированной тромбэктомии из артерий головного мозга. Патент РФ на изобретение №2670193/ 18.10.18. Бтромбаюл. №29. Доступно по: [http://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=1407&DocNumber=2670193&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=1407&DocNumber=2670193&TypeFile=html). Ссылка активна на 23.09.2019.
- Kang D.H., Park J. Endovascular Stroke Therapy Focused on Stent Retriever Thrombectomy and Direct Clot Aspiration: Historical Review and Modern Application *J Kore-an Neurosurgical Society.* 2017; 60(3): 335-347. DOI: 10.3340/jkns.2016.0809.005
- Noser E.A., Shaltoni H.M., Hall C.E., Alexandrov A.V., Garami Z., Cacayorin E.D. et al. Aggressive mechanical clot disruption: a safe adjunct to thrombolytic therapy in acute stroke? *Stroke.* 2005; 36: 292-296. DOI: 10.1161/01.STR.0000152331.93770.18
- Nakano S., Iseda T., Yoneyama T., Kawano H, Wakisaka S. Direct percutaneous transluminal angioplasty for acute middle cerebral artery trunk occlusion: an alternative option to intra-arterial thrombolysis. *Stroke.* 2002; 33(12): 2872 – 2876.
- Qureshi A., Siddiqui A., Suri M., Kim S., Ali Z., Yahia A. et al. Aggressive Mechanical Clot Disruption and Low-dose Intra-arterial Third-generation Thrombolytic Agent for Ischemic Stroke: A Prospective Study. *Neurosurgery.* 2002; 51 (5): 1319-1329. DOI: 10.1097/00006123-200211000-00040
- Gadow N., Nikoubashman O., Freiherr J., Block F., Reich A., Fesl G. et al. Endovascular stroke treatment now and then—procedural and clinical effectiveness and safety of different mechanical thrombectomy techniques over time. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery.* 2017; 7 (1): 1-7. DOI: 10.21037/qims.2017.02.06
- Tarr R., Hsu D., Kulcsar Z., Bonvin C., Rufenacht D., Alfke K. et al. The POST trial: initial post-market experience of the Pe-

numbra system: revascularization of large vessel occlusion in acute ischemic stroke in the United States and Europe. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2010; 2(4): 341-344. DOI: 10.1136/jnis.2010.002600

23. Mocco J., Zaidat O., von Kummer R., Yoo A., Gupta R., Lopes D. et al. Aspiration Thrombectomy After Intravenous Alteplase Versus Intravenous Alteplase Alone. *Stroke*. 2016; 47(9): 2331-2338. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.013372

24. Chueh J., Puri A., Wakhloo A., Gounis M. Risk of distal embolization with stent retriever thrombectomy and ADAPT. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2014; 8(2): 197-202. DOI: 10.1136/neurintsurg-2014-011491

25. Kang D., Hwang Y., Kim Y., Park J., Kwon O., Jung C. Direct Thrombus Retrieval Using the Reperfusion Catheter of the Penumbra System: Forced-Suction Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke. *American Journal of Neuroradiology*. 2010;32(2):283-287. DOI: 10.3174/ajnr.A2299

26. Hwang Y., Kang D., Kim Yw., Kim Ys., Park S., Suh C. Outcome of forced-suction thrombectomy in acute intracranial internal carotid occlusion. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2012; 5(suppl 1): i81-i84. DOI: 10.1136/neurintsurg-2012-010277

27. Turk A., Spiotta A., Frei D., Mocco J., Baxter B., Fiorella D. et al. Initial clinical experience with the ADAPT technique: A direct aspiration first pass technique for stroke thrombectomy. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2013; 6(3): 231-237. DOI: 10.1136/neurintsurg-2013-010713

28. Lee D., Sung J., Kim S., Yi H., Hong J., Lee S. Effective use of balloon guide catheters in reducing incidence of mechanical thrombectomy related distal embolization. *Acta Neurochirurgica*. 2017; 159(9): 1671-1677. DOI: 10.1007/s00701-017-3256-3

29. Kang D., Kim Y., Hwang Y., Park J., Hwang J., Kim Y. Switching Strategy for Mechanical Thrombectomy of Acute Large Vessel Occlusion in the Anterior Circulation. *Stroke*. 2013; 44(12): 3577-3579. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.002673

## References:

1. WHO. Cardiovascular diseases (CVDs) (2017). Available at: [http://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](http://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)) (accessed 14 June 2019) (in Russian).

2. Jansen O., von Kummer R., Forsting M., Hacke W., Sartor K. Thrombolytic therapy in acute occlusion of the intracranial internal carotid artery bifurcation. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1995; 16(10): 1977-1986.

3. Furlan A., Higashida R., Wechsler L., Gent M., Rowley H., Kase C. et al. Intra-arterial prourokinase for acute ischemic stroke. The PROACT II study: a randomized controlled trial. *Prolyse in Acute Cerebral Thromboembolism*. *JAMA*. 1999 Dec; 282(21): 2003 – 2011. DOI: 10.1001/jama.282.21.2003

4. Domashenko M.A., Maksimova M.Yu., Gafarova M.E., Tanashyan M.M., Antonova K.V., Piradov M.A. Personification of approaches to reperfusion therapy of ischemic stroke. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2017; 11(1): 7-13 (in Russian).

5. Domashenko M.A., Panova K.V., Murtazaliev D.M., Gafarova M.E., Loskutnikov M.A., Maksimova M.Yu. et al. Personification of thrombolytic therapy in patients with ischemic stroke. *Medica mente*. 2017; 3(1): 45-48 (in Russian).

6. Urbach H., Hartmann A., Pohl C., Omran H., Wilhelm K.,

30. Deshaies E. Tri-axial system using the Solitaire-FR and Penumbra Aspiration Microcatheter for acute mechanical thrombectomy. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2013; 20(9): 1303-1305. DOI: 10.1016/j.jocn.2012.10.037

31. Humphries W., Hoit D., Doss V., Elijovich L., Frei D., Loy D. et al. Distal aspiration with retrievable stent assisted thrombectomy for the treatment of acute ischemic stroke. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2014; 7(2): 90-94. DOI: 10.1136/neurintsurg-2013-010986

32. Lee J., Hong J., Lee S., Joo I., Lim Y., Kim S. The combined use of mechanical thrombectomy devices is feasible for treating acute carotid terminus occlusion. *Acta Neurochirurgica*. 2013; 155(4): 635-641. DOI: 10.1007/s00701-013-1649-5

33. Jadhav A., Aghaebrahim A., Horev A., Giurgiutiu D., Ducruet A., Jankowitz B. et al. Stent Retriever-Mediated Aspiration Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke. *Interventional Neurology*. 2016; 6(1-2): 16-24. DOI: 10.1159/000449321

34. Maegerlein C., Mönch S., Boeckh-Behrens T., Lehm M., Hedderich D., Berndt M. et al. PROTECT: PROximal balloon Occlusion TOgether with direct Thrombus aspiration during stent retriever thrombectomy – evaluation of a double embolic protection approach in endovascular stroke treatment. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2017; 10(8): 751-755. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-013558

35. Maus V., Behme D., Kabbasch C., Borggreffe J., Tsogkas I., Nikoubashman O. et al. Maximizing First-Pass Complete Reperfusion with SAVE. *Clinical Neuroradiology*. 2017; 28(3): 327-338. DOI: 10.1007/s00062-017-0566-z

36. Wiesmann M., Brockmann M., Heringer S., Müller M., Reich A., Nikoubashman O. Active push deployment technique improves stent/vessel-wall interaction in endovascular treatment of acute stroke with stent retrievers. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2016; 9(3): 253-256. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012322.

Flacke S. et al. Local intra-arterial thrombolysis in the carotid territory: does recanalization depend on the thrombo-embolus type? *Neuroradiology*. 2002; 44(8): 695-699. DOI: 10.1007/s00234-002-0762-6

7. Riedel C., Zimmermann P., Jensen-Kondering U., Stingele R., Deuschl G., Jan-sen O. The Importance of Size. *Stroke*. 2011; 42(6): 1775-1777. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.609693

8. del Zoppo G., Poeck K., Pessin M., Wolpert S., Furlan A., Ferbert A. et al. Re-combinant tissue plasminogen activator in acute thrombotic and embolic stroke. *Annals of Neurology*. 1992; 32(1): 78-86. DOI:10.1002/ana.410320113

9. Mori E., Yoneda Y, Tabuchi M., Yoshida T., Ohkawa S., Ohsumi Y. et al. Intra-venous recombinant tissue plasminogen activator in acute carotid territory stroke. *Neurology*, 1992; 42: 976-982. DOI: 10.1212/wnl.42.5.976

10. Shamalov N.A. Optimization of reperfusion therapy in patients with ischemic stroke. Moscow, 2012, 355 p. (in Russian).

11. Lansberg M.G., Thijs V.N, Bammer R., Kemp S., Wijman C.A., Marks M.P. et al. Risk factors of symptomatic intracerebral hemorrhage after tPA therapy for acute stroke. *Stroke*. – 2007; 38: 2275-2278. DOI: 10.1161/STROKEAHA.106.480475

12. Kornienko V.N., Pronin I.N. *Diagnostic Neuroradiology*. Moscow, Institute of neurosurgery named after N.N. Burdenko,

2006. 1317 p. (in Russian).

13. Nikoubashman O., Reich A., Pjontek R., Jungbluth, M., Wiesmann M. et al. Postinterventional subarachnoid haemorrhage after endovascular stroke treatment with stent retrievers. *Neuroradiology*. 2014; 56(12): 1087-1096. DOI: 10.1007/s00234-014-1424-1
14. Kaesmacher J., Boeckh-Behrens T., Simon S., Maegerlein C., Kleine J., Zimmer C. et al. Risk of Thrombus Fragmentation during Endovascular Stroke Treatment. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2017; 38(5): 991-998. DOI: 10.3174/ajnr.A5105
15. Logvinenko R.L., Domashenko M.A., Frantsevich A.M. Arablinskiy Al.V. Arablinskiy An.V., Kokov L.S. Choice of reperfusion strategy in acute period of ischemic stroke. *Diagnos-tic & interventional radiology*. 2018; 12 (2): 77-84 (in Russian).
16. Logvinenko R.L., Arablinskiy A.V., Domashenko M.A., Kokov L.S., Yahontov D.I., Panova K.V., Frantsevich A.M. The method of combined thrombectomy from the arteries of the brain. Patent RF № 2670193, 2018 Available at: [http://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=1407&DocNumber=2670193&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=1407&DocNumber=2670193&TypeFile=html). (accessed 23 September 2019) (in Russian). m
17. Kang D.H., Park J. Endovascular Stroke Therapy Focused on Stent Retriever Thrombectomy and Direct Clot Aspiration: Historical Review and Modern Application *J Kore-an Neurosurgical Society*. 2017; 60(3): 335-347. DOI: 10.3340/jkns.2016.0809.005
18. Noser E.A., Shaltoni H.M., Hall C.E., Alexandrov A.V., Garami Z., Cacayorin E.D. et al. Aggressive mechanical clot disruption: a safe adjunct to thrombolytic therapy in acute stroke? *Stroke*. 2005; 36: 292-296. DOI: 10.1161/01.STR.0000152331.93770.18
19. Nakano S., Iseda T., Yoneyama T., Kawano H, Wakisaka S. Direct percutaneous transluminal angioplasty for acute middle cerebral artery trunk occlusion: an alternative option to intra-arterial thrombolysis. *Stroke*. 2002; 33(12): 2872 – 2876.
20. Qureshi A., Siddiqui A., Suri M., Kim S., Ali Z., Yahia A. et al. Aggressive Me-chanical Clot Disruption and Low-dose Intra-arterial Third-generation Thrombolytic Agent for Ischemic Stroke: A Prospective Study. *Neurosurgery*. 2002; 51(5): 1319-1329. DOI: 10.1097/00006123-200211000-00040
21. Gadow N., Nikoubashman O., Freiherr J., Block F., Reich A., Fesl G. et al. Endovascular stroke treatment now and then—procedural and clinical effectiveness and safety of different mechanical thrombectomy techniques over time. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*. 2017; 7(1): 1-7. DOI: 10.21037/qims.2017.02.06
22. Tarr R., Hsu D., Kulcsar Z., Bonvin C., Rufenacht D., Alfke K. et al. The POST trial: initial post-market experience of the Penumbra system: revascularization of large vessel occlusion in acute ischemic stroke in the United States and Europe. *Journal of NeuroInterven-tional Surgery*. 2010; 2(4): 341-344. DOI: 10.1136/jnis.2010.002600
23. Mocco J., Zaidat O., von Kummer R., Yoo A., Gupta R., Lopes D. et al. Aspira-tion Thrombectomy After Intravenous Alteplase Versus Intravenous Alteplase Alone. *Stroke*. 2016; 47(9): 2331-2338. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.013372
24. Chueh J., Puri A., Wakhloo A., Gounis M. Risk of distal embolization with stent retriever thrombectomy and ADAPT. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2014; 8(2): 197-202. DOI: 10.1136/neurintsurg-2014-011491.
25. Kang D., Hwang Y., Kim Y., Park J., Kwon O., Jung C. Di-rect Thrombus Re-trieval Using the Reperfusion Catheter of the Penumbra System: Forced-Suction Thrombecto-my in Acute Is-chemic Stroke. *American Journal of Neuroradiology*. 2010;32(2):283-287. DOI: 10.3174/ajnr.A2299
26. Hwang Y., Kang D., Kim Yw., Kim Ys., Park S., Suh C. Out-come of forced-suction thrombectomy in acute intracranial inter-nal carotid occlusion. *Journal of NeuroInter-ventional Surgery*. 2012; 5(suppl 1): i81-i84. DOI: 10.1136/neurintsurg-2012-010277
27. Turk A., Spiotta A., Frei D., Mocco J., Baxter B., Fiorella D. et al. Initial clinical experience with the ADAPT technique: A direct aspiration first pass technique for stroke thrombectomy. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2013; 6(3): 231-237. DOI: 10.1136/neurintsurg-2013-010713
28. Lee D., Sung J., Kim S., Yi H., Hong J., Lee S. Effective use of balloon guide catheters in reducing incidence of mechanical thrombectomy related distal embolization. *Acta Neurochirurgica*. 2017; 159(9): 1671-1677. DOI: 10.1007/s00701-017-3256-3
29. Kang D., Kim Y., Hwang Y., Park J., Hwang J., Kim Y. Switching Strategy for Mechanical Thrombectomy of Acute Large Vessel Occlusion in the Anterior Circulation. *Stroke*. 2013; 44(12): 3577-3579. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.002673
30. Deshaies E. Tri-axial system using the Solitaire-FR and Pe-numbra Aspiration Microcatheter for acute mechanical throm-bectomy. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2013; 20(9): 1303-1305. DOI: 10.1016/j.jocn.2012.10.037
31. Humphries W., Hoit D., Doss V., Elijovich L., Frei D., Loy D. et al. Distal aspi-ration with retrievable stent assisted throm-bectomy for the treatment of acute ischemic stroke. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2014; 7(2): 90-94. DOI: 10.1136/neurintsurg-2013-010986
32. Lee J., Hong J., Lee S., Joo I., Lim Y., Kim S. The combined use of mechanical thrombectomy devices is feasible for treating acute carotid terminus occlusion. *Acta Neurochi-rurgica*. 2013; 155(4): 635-641. DOI: 10.1007/s00701-013-1649-5
33. Jadhav A., Aghaebrahim A., Horev A., Giurgiutiu D., Ducruet A., Jankowitz B. et al. Stent Retriever-Mediated Manual Aspira-tion Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke. *Interventional Neurology*. 2016; 6(1-2): 16-24. DOI: 10.1159/000449321
34. Maegerlein C., Mönch S., Boeckh-Behrens T., Lehm M., Hedderich D., Berndt M. et al. PROTECT: PRoximal balloon Occlusion TogEther with direCt Thrombus aspiration during stent retriever thrombectomy – evaluation of a double embolic protec-tion approach in endovascular stroke treatment. *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2017; 10(8): 751-755. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-013558
35. Maus V., Behme D., Kabbasch C., Borggreffe J., Tsogkas I., Nikoubashman O. et al. Maximizing First-Pass Complete Reper-fusion with SAVE. *Clinical Neuroradiology*. 2017; 28(3): 327-338. DOI: 10.1007/s00062-017-0566-z
36. Wiesmann M., Brockmann M., Heringer S., Müller M., Reich A., Nikoubashman O. Active push deployment technique im-proves stent/vessel-wall interaction in endovascular treatment of acute stroke with stent retrievers. *Journal of NeuroInterven-tional Surgery*. 2016; 9(3): 253-256. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-01232.