

СОВРЕМЕННЫЕ СТЕНТ-РЕТРИВЕРЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ

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

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

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- ишемический инсульт
- механическая тромбэктомия
- стент-ретривер
- радиальная сила стента

РЕЗЮМЕ:

Ишемический инсульт (ИИ) является одной из лидирующих причин смертности и инвалидизации работающего населения по всему миру. Согласно современным рекомендациям, механическая тромбэктомия с использованием стент-ретриверов является наиболее эффективным методом лечения при локализации поражения в крупных церебральных артериях каротидного бассейна.

В статье представлен литературный обзор посвященный различным стент-ретриверам, их техническим характеристикам, возможностям для применения в лечении острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) по ишемическому типу. Проведен анализ и представлена сравнительная характеристика существующих современных стент-ретриверов, в зависимости от диаметра и изгиба артерии, характеристика тромба, характеристики стента.

Для цитирования: М.Ю. Володюхин «Современные стент-ретриверы для лечения пациентов с острым ишемическим инсультом». Журнал Диагностическая и интервенционная радиология. 2017; 11(2): 70-75

MODERN STENT-RETRIEVERS IN TREATMENT OF ACUTE ISCHEMIC STROKE

*Volodyukhin M.Y. – MD

Interregional Clinic Diagnostical center, Kazan, Russia
12a, Karbysheva str., Kazan, Russian Federation, 420101

KEY-WORDS:

- ischemic stroke
- mechanical thrombectomy
- stent-retriever
- radial force of stent

ABSTRACT:

Ischemic stroke (AS) is one of the leading causes of death and disability of the working population around the world. According to modern recommendations, mechanical thrombectomy with use of stent-retrievers is the most effective method of treatment for stroke. with localization of thrombus in large cerebral arteries of the carotid basin.

The article presents a literature review devoted to various stent-retrievers, their technical characteristics, and their potential for application in the treatment of acute cerebrovascular accident, ischemic type. The analysis and comparative characteristics of existing modern stent-retrievers are presented, depending on the diameter and artery bend, thromb characteristics, stent characteristics.

Введение

Согласно современным рекомендациям выполнение тромбэктомии с применением стент-ретриверов является наиболее эффективным методом лечения пациентов с острым ишемическим инсультом (ОИИ) в каротидном бассейне, связанным с окклюзией крупных церебральных артерий (класс доказательности 1А) [1, 2]. В данной статье представлен обзор наиболее изученных и доступных стент-ретриверов на территории Российской Федерации.

Первые работы, посвященные применению стентов для восстановления церебрального кровотока у пациентов с острым ишемическим инсультом были опубликованы в 2005-2006 гг. [3-5]. Первоначально применялись самораскрывающиеся стенты по технологии «временного шунта» (temporary endovascular bypass) –

при имплантации стента в области тромба происходило его придавливание к стенкам артерий, что позволяло немедленно восстанавливать кровоток и создавало предпосылки для лизиса тромба. Однако, в реальной клинической практике методика «временного шунта» позволяет восстанавливать кровоток крайне редко, так как данная технология эффективна при так называемом «свежем» тромбе, когда отсутствует плотно сформированный сгусток. Впервые в качестве ретривера для удаления тромба, был применен стент Solitaire АВ, первоначально разработанный для выполнения стент-ассистенции при рентгенэндоваскулярной окклюзии аневризм головного мозга [6]. В настоящее время существуют более десятка различных модификаций стент-ретриверов.

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

Таблица 1.

Современные стент-ретриверы

Наименование стент-ретривера	Производитель	Размерный ряд		Диаметр доставочной системы (inch)
		Диаметр стента	Длина стента (mm)	
Solitaire	Covidien	4; 6	20; 30	0,021; 0,027
Revive	Codman	4	20	0,021
Trevo XP	Striker	4;6	25; 20	0,021; 0,027
Trevo ProVue (Baby)	Striker	3	20	0,017
pREset	Phenox	3;4;6	20; 30	0,021
pREset LT	Phenox	3;4	20	0,0165
ERIC	Microvention	3;4;6	15;20;24;30;44	0,017

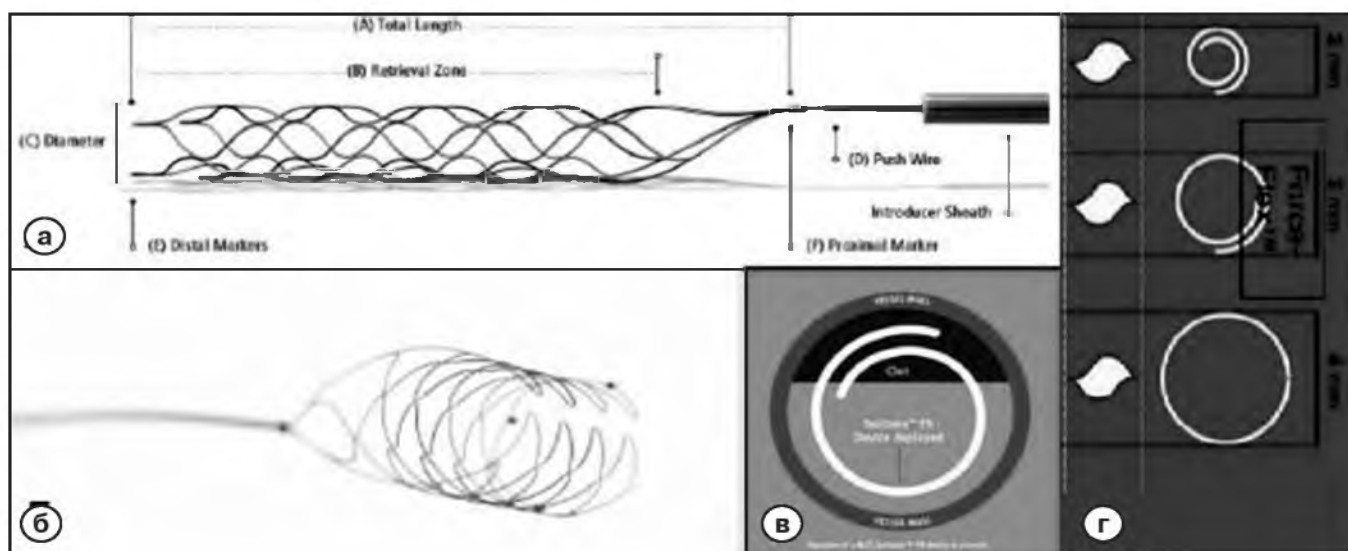


Рис. 1. Стент-ретривер Solitaire. А, Б. Внешний вид стент-ретривера Solitaire; В, Г. «Split» дизайн стента (рисунок с сайта производителя).

Стент-ретривер Solitaire FR

Стент-ретривер Solitaire FR (произв. Medtronic) (рис. 1) изготовлен из нитиноловой трубки путем лазерной нарезки. Суженная проксимальная часть стента соединена с толкающим проводником (табл. 1). Наличие «кольцевого» завершения проксимального сегмента стента упрощает его заведение в микрокатетер и позволяет сохранить контакт со стенкой сосуда при прохождении извитых участков. «Split» дизайн стента позволяет устанавливать его в сосуд любого диаметра, при этом диаметр ячеек стент-ретривера имеет стабильную площадь в сосудах любого диаметра.

Стент-ретривер Trevo

Trevo (произв. Stryker) (рис. 2) – новое поколение стент-ретриверов, созданных целенаправленно для выполнения тромбэктомии (табл. 1). Ячейки ретривера имеют закрытый дизайн, изменены соотношения высоты и ширины «страт» стента в пользу первого, что, теоретически, усиливает эффективность захвата и удержания тромба при выполнении тромбэкстракции. В структуру стента внесена усиленная рентгеноконт-

растность, позволяющая оценить степень его раскрытия после имплантации. Гидрофильное покрытие стента обеспечивает минимальное трение при его доставке и снижает риск повреждения эндотелия. В размерную линейку добавлен стент-ретривер с малым диаметром – Trevo ProVue или Baby Trevo 3×20 мм, для выполнения тромбэкстракции из церебральных артерий малого диаметра. Согласно данным производителя, дистальный сегмент стент-ретривера Baby Trevo на 48% мягче, в сравнении с радиальной силой ретривера Trevo 4-20 мм [7]. Подобные технологические решения снижают риск повреждения сосудов малого диаметра. Доставка Baby Trevo осуществляется через микрокатетер с внутренним диаметром 0,0165", что упрощает навигацию инструментария при локализации окклюзии в дистальных отделах [8].

Стент-ретривер REVIVE

Особенностью стент-ретривера REVIVE (произв. Codman) (рис. 3) является центральное расположение толкателя и дистального проводника (табл. 1). Теоретически подобное инженерное решение должно обеспечивать постоянное, равномерное прилегание стента

Таблица 2.

Характеристики стент-ретриверов (P. Machi, 2016)

Наименование стента/размер	Радиаль-ная	Радиаль-ная	Радиаль-ная	Прилегани	Удлинение	Потеря
Solitaire 4-20	4,48	1110	530	+		
Solitaire 6-30	3,51	1060	580	+		
Revive 4,5-22	12,69	1360	850		+	
TREVO XP 4-20	14,8	920	50		+	
TREVO(Baby) 3-20	6	300	60			+
pREset 4-20	5,21	1090	730	+		
pREset 6-30	3,68	630	600	+		
pREset LT 3-20	3,2	1060	160			+
ERIC 3-20	11	220	-			+
ERIC 4-24	18,5	1540	340		+	
ERIC 6-44	13,04	770	400		+	

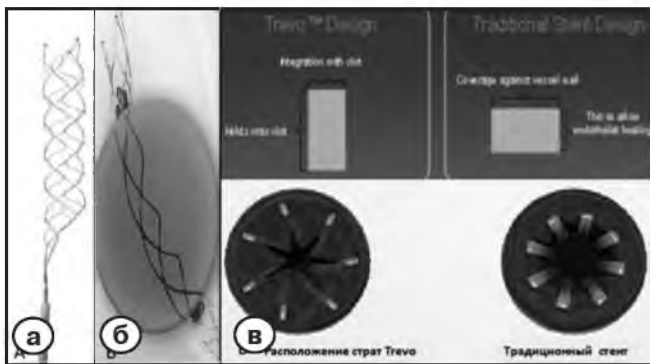


Рис. 2. Стент-ретривер Trevo.
 а – Внешний вид стент-ретривера Trevo;
 б – Усиленная рентгеноконтрастность стент-ретривера;
 в – Геометрическая форма страт стент-ретривера Trevo.
 (Рисунки с сайта производителя www.strykerneurovascular.com).

к стенкам артерий вне зависимости от их изгибов. По данным производителя, дизайн «страт» стента позволяет сохранять радиальную силу в сосудах крупного диаметра. Полностью замкнутая конструкция стент-ретривера с прогрессирующим снижением площади ячеек и диаметра в проксимальных и дистальных отделах стента, теоретически, должна минимизировать риск развития дистальной эмболии.

Стент-ретривер ERIC

ERIC (Embolus Retriever with Interlinked Cages) (произв. MicroVention) (рис. 4) – новый вид тромбэкстрактора, геометрически кардинально отличающийся от типичного стент-ретривера. Данный тип тромбэкстрактора сформирован из отдельных сепараторов, нанизанных на проводник. На поперечном срезе сфера выглядит подобно цветку с пятью лепестками, которые служат быстрому раскрытию и врезанию в тромб (табл. 1). Наличие балок на проксимальных и дистальных стенках увеличивает «металлонасыщенность» внутри стента (до 25,4%), с пониженной «металлонасыщенностью»

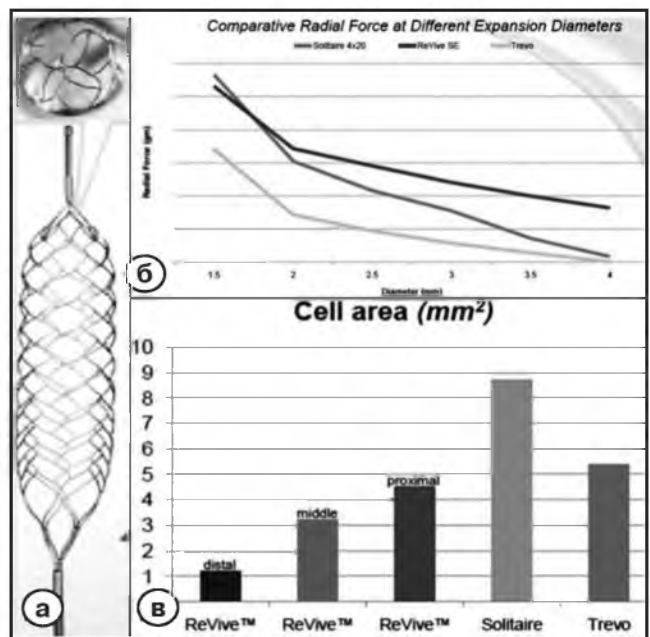


Рис. 3. Стент-ретривер REVIVE (Codman).
 а – Внешний вид стент-ретривера;
 б – Радиальная сила стент-ретриверов Trevo, Solitaire, Revive в сосудах различного диаметра. в. Площадь ячеек стент-ретриверов Trevo, Solitaire, Revive.
 (Рисунки с сайта производителя www.promex.cl/pdf/neuro/Codman/ReviveSE.pdf).

на боковых стенках сепаратора – 0,8% [9]. Традиционные стент-ретриверы имеют «металлонасыщенность» на латеральных поверхностях 7,5%, а внутри стент-ретривера – 0,7%. Подобный дизайн сепаратора должен уменьшать риск миграции тромба из сепаратора. Сепараторы плотно взаимосвязаны между собой. Их количество, в зависимости от рабочей длины стент-ретривера (15-44 мм), колеблется от 3 до 5 шт. Диаметр сепаратора варьирует от 3 до 6 мм. Наличие отдельных сфер позволяет дистальным сферам задерживать тромбы, мигрирующие из проксимальных сепараторов или оставаться в пространстве между сфера-

Таблица 3. Частота удаления тромбов стент-ретриверами различных производителей *in vitro* (P. Machi, 2016).

Наименование стента/размер	Частота удаления "белых" тромбов	Частота удаления "красных"
Solitaire 4-20	40	93
Solitaire 6-30	53	93
Revive 4,5-22	40	80
TREVO XP 4-20	33	80
TREVO (Baby) 3-20	20	60
pREset 4-20	46	93
pREset 6-30	60	100
pREset LT 3-20	20	53
ERIC 3-20	20	53
ERIC 4-24	33	60
ERIC 6-44	40	73

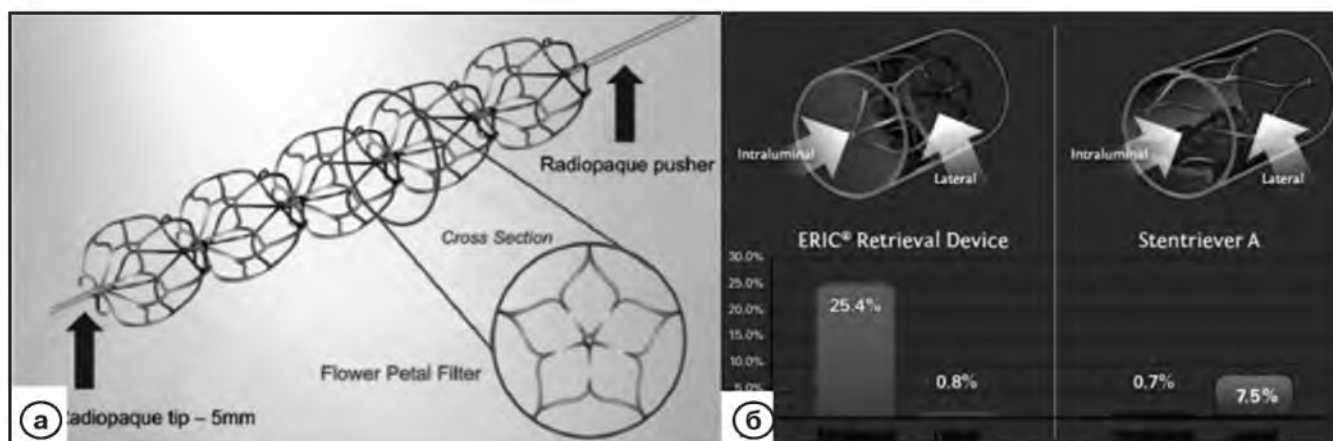


Рис. 4. Стент-ретривер ERIC.

а – Сферическая конструкция сепараторов стент-ретривера ERIC (H. Raoult, 2016);

б – «Металлонасыщенность» стент-ретривера ERIC (данные с сайта производителя).

ми. Сферическая конструкция и минимальное количество точек соприкосновения с сосудистой стенкой снижают вероятность травмы эндотелия сосуда. Данный стент-ретривер доставляется через микрокатетер с внутренним просветом 0,017" при любом диаметре сепаратора, что упрощает его навигацию в извитой артериальной интракраниальной анатомии, а также усиливает аспирационную силу при использовании техники ADAPT [10].

Стент-ретривер pREset

Как и все современные стент-ретриверы, стент-ретривер pREset (произв. Phenox) (рис.5) – вырезан лазером из нитиноловой трубки. Ячейки стента имеют закрытый дизайн, при этом проксимальные ячейки сливаются эксцентрично и подпаяны к толкателю, что позволяет обеспечить высокую радиальную силу и постоянно сохранять проксимальный сегмент открытым без развития эффекта «сужения» при проведении стент-ретривера по извитым сосудам (табл. 1). В размерной линейке стент-ретривера pREset существует ретривер диаметром 3 мм (pREset LT), созданный для

выполнения тромбэкстракции из артерий диаметром менее 3 мм.

В работе P. Machi с соавт. проведен сравнительный анализ применения *in vitro* современных стент-ретриверов [11]. Анализ проводился по таким параметрам, как радиальная сила и степень ее изменения, в зависимости от диаметра сосуда, визуальная оценка прилегания стент-ретривера к стенкам сосуда в местах изгибов, степень его удлинения при движении по извитым участкам. Среди стент-ретриверов диаметром 6 и 4 мм наибольшая радиальная сила наблюдалась у ретривера ERIC 4-24, наименьшая – у ретривера Solitaire 6-20 (табл. 2).

Оценка изменения радиальной силы стент-ретривера при его перемещении из трубки, диаметром 1,5 мм в 3,5 мм трубку показало, что практически все стент-ретриверы теряли радиальную силу в два и более раз; исключение составил стент-ретривер pREset 6-30, у которого потеря радиальной силы была минимальной. Визуальная оценка плотности прилегания стент-ретривера к стенкам сосуда при его проведении через

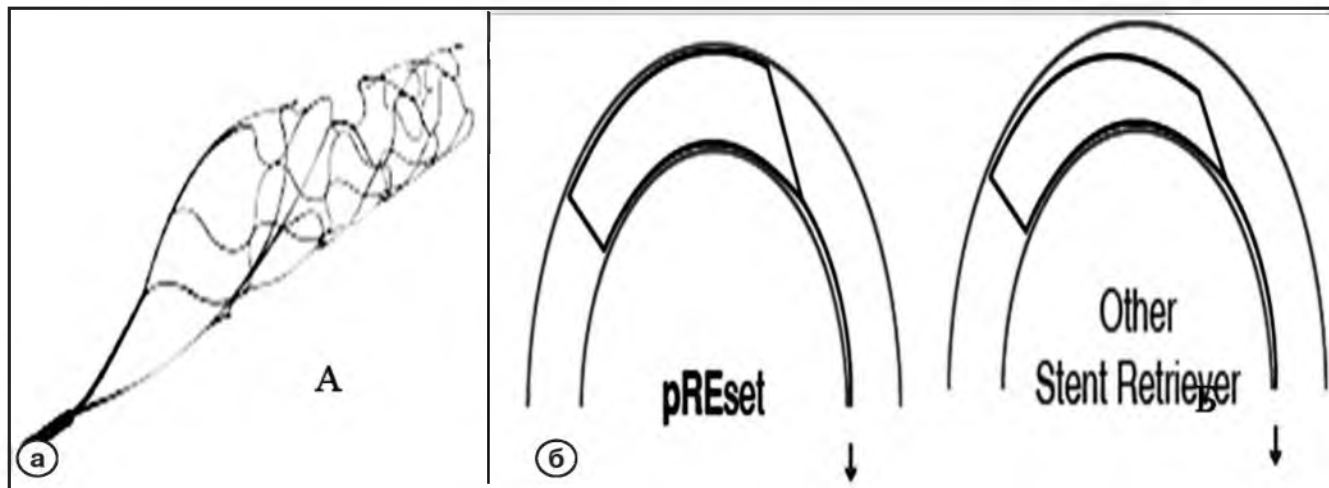


Рис. 5. Стент-ретривер pREset.
 а – Внешний вид стент-ретривера pREset (Phenox);
 б – Дизайн стента позволяет исключить эффект «суживания» при проведении его через изгиб сосуда (данные с сайта производителя www.phenox.net).

извитые участки продемонстрировала, что постоянное прилегание к стенкам артерий наблюдалось у стент-ретривера pREset 6–30, Solitaire FR 4–20/6–30. Стентами, которые при тракции удлинялись на переходе через изгиб, оказались: Revive 4,5–22, ERIC 4–24/6–44, Trevo XP 4-20. Стентами, полностью терявшими прилегание к стенке артерии при тракции, были – Preset LT 3–20, Eric 3–20. Сохранение плотного прилегания стент-ретривера к стенкам артерии в изгибах является важным фактором, позволяющим повысить эффективность тромбэкстракции. В работе B.J. Schwaiger с соавт., было продемонстрировано, что угол изгиба при переходе дистального отдела внутренней сонной артерии в M1 сегмент средней мозговой артерии (СМА) $110 \pm 23,8$ был предиктором успешной реваскуляризации, более острый угол $69 \pm 28,7$ достоверно снижал эффективность восстановления кровотока ($P < 0,001$) [12]. Прямой ход M1 сегмента СМА сопровождался достоверным повышением эффективной реваскуляризации, в сравнении с пациентами, имеющими выраженный изгиб M1 сегмента СМА ($P = 0,001$). Причинами понижения эффективности выполнения тромбэкстракции при выраженных изгибах церебральных артерий является неполное прилегание стент-ретривера к стенке артерии в области выраженного изгиба, что снижает степень интеграции тромба в просвет стент-ретривера.

Влияние характера окклюзирующих тромбов интракраниальных артерий на эффективность выполнения тромбэкстракции представлена во многих публикациях [13–15]. Принято различать «красные» и «белые» тромбы. «Красный» тромб – это недавно сформированный «свежий» тромб, содержащий большое количество эритроцитов, тромбоцитов с малым содержанием фибрина. «Белый» тромб – это сформированный, плотный тромб с большим количеством фибрина и малым

содержанием эритроцитов и тромбоцитов. В проведенном исследовании *in vitro* было продемонстрировано, что ни у одного из испытываемых стент-ретриверов не наблюдалось интеграции «белого» тромба, размером 6 мм, во-внутрь стента-ретривера [11]. При выполнении тракции «белый» тромб, размером более 6 мм оставался постоянно между стентом и стенкой сосуда и не удалялся. «Белые» тромбы размерами 2 и 4 мм частично проникали в просвет всех типов стент-ретриверов и смещались при удалении стент-ретривера, однако данное смещение происходило за счет «скупивания» тромба между стенкой сосуда и стенкой стента. Частота успешной тромбэкстракции «белого» тромба *in vitro* у стент-ретривера pREset 6–30 составила 60%, в сравнении с 20% у стент-ретриверов диаметром 3 мм (pREset LT 3-20, ERIC 3-20, Trevo 3-20) (табл. 3). В отличие от «белого» тромба, «красный» тромб в большей степени интегрировался в тромб, что увеличивало эффективность его удаления. Максимальная эффективность (100%) при удалении «красных» тромбов наблюдалась при применении стент-ретривера pREset 6-30.

С целью усиления интеграции тромба в пределах стента и более плотного прилегания ретривера к стенкам артерии ряд авторов рекомендуют использовать «push» технику – после раскрытия стент-ретривера путем стягивания микрокатетера со стента на 1/4 или 1/3 его длины, дальнейшее раскрытие стента производят при большем давлении на пушер стент-ретривера, по сравнению с силой, направленной на стягивание микрокатетера [16]. В работе Kajo с соавт., было продемонстрировано, что применение «push» техники позволяет достоверно увеличить степень интеграции «белого» тромба в просвет стент-ретривера. Степень интеграции «красного» тромба в стент-ретривер, при применении традиционной «push» – техники, досто-

верно не отличалась. Авторами выявлено, что при «красном» тромбе частота фрагментации тромба и появление эмболов более 200 мкм, при применении «push» – техники, была достоверно ниже [7]. Таким образом, современные стент-ретриверы позволяют повысить эффективность восстановления крово-

тока у пациентов с ОИИ, однако эффективность стент-ретриверов зависит от гистологической характеристики эмбола и анатомии церебральных артерий. Применение «push» – техники при имплантации стент-ретривера позволяет повысить эффективность выполнения тромбэкстракции из церебральных артерий. ■

Список литературы / References

1. Савелло А.В., Вознюк И.А., Свистов Д.В. Внутрисосудистое лечение ишемического инсульта в острейшем периоде (клинические рекомендации). Санкт-Петербург. 2015.
Savello A.V., Voznjuk I.A., Svistov D.V. Vnutrisosudistoe lechenie ishemicheskogo insul'ta v ostrejšem periode (klinicheskie rekomendacii)[Intravascular treatment of ischemic stroke in acute period (clinical recommendations)]. Sankt-Peterburg. 2015.
2. Powers W., Derdeyn C., Biller J., et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke regarding endovascular treatment: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association //American Stroke Association *Stroke*. published online June 29, 2015.
3. Abou-Chebl A., Bajzer C.T., Krieger D.W., et al. Multimodal therapy for the treatment of severe ischemic stroke combining GP IIb/IIIa antagonists and angioplasty after failure of thrombolysis. *Stroke*. 2005. (36): 2286-2288.
4. Levy E.I., Ecker R.D., Horowitz M.B., et al. Stent-assisted intracranial recanalization for acute stroke: early results. *Neurosurgery*. 2006 (58): 458-463.
5. Gupta R., Vora N.A., Horowitz M.B., et al. Multimodal reperfusion therapy for acute ischemic stroke: factors predicting vessel recanalization. *Stroke*. 2006 (37): 986-990.
6. Castano C., Dorado L., Guerrero C., et al. Mechanical thrombectomy with the Solitaire AB device in large artery occlusions of the anterior circulation: a pilot study. *Stroke*. 2010 (41): 1836-1840.
7. Kvan der Marel K., Chueh J.Y., Brooks O.W., et al. Quantitative assessment of device-clot interaction for stent retriever thrombectomy. *J Neurointerv Surg*. 2016 (0): 1-6.
8. Haussen D., Lima A., Nogueira R. The Trevo XP 3x20 mm retriever ('Baby Trevo') for the treatment of distal intracranial occlusions. *J NeuroInterv Surg*. 2016 (8): 2951-2999.
9. Kahles T., Garcia-Esperon C., Zeller S., et al. Mechanical thrombectomy using the new ERIC retrieval device is feasible, efficient, and safe in acute ischemic stroke: a swiss stroke center experience. *Am. J. Neuroradiol*. 2016 (37): 114 –119.
10. Raoult H., Redjem H., Bourcier R., et al. Mechanical thrombectomy with the ERIC retrieval device: initial experience. *J. NeuroInterv. Surg*. 2016 (0): 1–4.
11. Machi P, Jourdan F, Ambard D., et. al. Experimental evaluation of stent retrievers mechanical properties and effectiveness *J. NeuroInterv. Surg*. 2016 (0):1–7.
12. Schwaiger B., Gersing A., Zimmer C., et al. The curved MCA: influence of vessel anatomy on recanalization results of mechanical thrombectomy after acute ischemic stroke. *Am. J. Neuroradiol*. 2015 (36): 971–976.
13. Tetsuya Hashimoto, Mikito Hayakawa, Naoko Funatsu, et al., Histopathologic analysis of retrieved thrombi associated with successful reperfusion after acute stroke thrombectomy. *Stroke*. 2016 (47): 3035-3037.
14. Mokin M., Morr S., Natarajan S., et al. Thrombus density predicts successful recanalization with Solitaire stent retriever thrombectomy in acute ischemic stroke. *J. Neurointerv. Surg*. 2015 (7): 104-107.
15. Bourcier R., Volpi S., Guyomarch B., et al., Susceptibility vessel sign on MRI predicts favorable clinical outcome in patients with anterior circulation acute stroke treated with mechanical thrombectomy. *Am. J. Neuroradiol*–2353.
16. Haussen D., Rebello L., Nogueira R. Optimizing clot retrieval in acute stroke: The push and fluff technique for closed-cell stentriever. *Stroke*. 2015 (46): 2838-42.