ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ОЦЕНКА КОЛЛАТЕРАЛЬНОГО КРОВОТОКА КАК ПРЕДИКТОРА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНДОВАСКУЛЯРНОЙ ТРОМБЭКТОМИИ В ОСТРОМ ПЕРИОДЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА

Домашенко М.А.[1], Константинов В.И.[2], Лоскутников М.А.[3], Заляутдинова Р.Ю.[2], Вишневский Я.В.[2], Танашян М.М.[4]

1 – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. г. Москва, Россия.
2 – АНО «Центральная клиническая медико-санитарная часть». г. Магнитогорск, Россия.
3 – ГБУЗ НСО «Центральная клиническая больница». г. Новосибирск, Россия.
4 – ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук». г. Москва, Россия.

Эндоваскулярная тромбэктомия (ТЭ) является эффективным методом реперфузионной терапии пациентов в остром периоде ишемического инсульта (ИИ) при ее применении у тщательно отобранных пациентов. Одним из предикторов ее эффективности является состояние коллатерального кровотока (КК) – степени развитости и функционального включения коллатеральных артерий в области ишемического поражения. В настоящее время отсутствует единое мнение о том, как статус коллатерального кровотока должен влиять на принятие решений о тактике реперфузионной терапии.

Цель исследования. Оценка влияния коллатерального кровотока на функциональный исход инсульта в каротидном бассейне после выполнения тромбэктомии в первые 6 часов ишемического инсульта.

Материалы и методы. В ретроспективное исследование были включены 267 пациентов (137 мужчин (51,3%), 130 женщин (46,8%), средний возраст – 69,4 лет) с ишемическим инсультом, которым было выполнено эндоваскулярное лечение в первые 6 часов заболевания. Достижение реперфузии оценивалось по шкале степени восстановления кровотока по интрацеребральным артериям (mTICI), коллатеральный кровоток – по шкале ASITN/SIR при выполнении дигитальной субтракционной ангиографии во время проведения эндоваскулярного вмешательства. Выраженность неврологических нарушений оценивалась при поступлении по шкале NIHSS, функциональный исход при выписке и на 90-е сутки инсульта – по модифицированной шкале Рэнкин.

Результаты и обсуждение. 134 (50,2%) пациента до начала тромбэктомии имели оценку ASITN/SIR 0-1 (плохой коллатеральный кровоток), у 133 (49,8%) больных зарегистрирован умеренный и хороший коллатеральный кровоток (ASITN/SIR 2-3). Продемонстрированы положительная корреляция коллатерального кровотока с достижением реперфузии по шкале mTICI и отрицательная – с исходной тяжестью пациентов по шкале NIHSS. Плохой коллатеральный кровоток являлся предиктором неблагоприятного функционального исхода и летального исхода на 90-е сутки инсульта. У пациентов с достижением удовлетворительной реперфузии (mTICI 2b-3) хороший коллатеральный кровоток продемонстрировал прогностическую значимость в достижении благоприятного исхода, а плохой коллатеральный кровоток был ассоциирован с развитием летального исхода на 90-е сутки ишемического инсульта.

Заключение. Коллатеральный кровоток имеет прогностическое значение в определении функциональных исходов ишемического инсульта в бассейне артерий каротидной системы, которым выполнялась тромбэктомия в окне терапевтических возможностей 0-6 часов и может учитываться при отборе пациентов на эндоваскулярное вмешательство.

Ключевые слова: ишемический инсульт, эндоваскулярная тромбэктомия, коллатеральный кровоток, дигитальная субтракционная ангиография.

Контактный автор: Домашенко М.А., e-mail: mdomashenko@gmail.com

Для цитирования: Домашенко М.А., Константинов В.И., Лоскутников М.А., Заляутдинова Р.Ю., Вишневский Я.В., Танашян М.М. Оценка коллатерального кровотока как предиктора

эффективности эндоваскулярной тромбэктомии в остром периоде ишемического инсульта. REJR 2025; 15(4):20-33. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-4-20-33.

Статья получена: 08.12.25 Статья принята: 18.12.25

ASSESSMENT OF COLLATERAL BLOOD FLOW AS A PREDICTOR OF ENDOVASCULAR THROMBECTOMY EFFICACY IN ACUTE ISCHEMIC STROKE

Domashenko M.A.[1], Konstantinov V.I.[2], Loskutnikov M.A.[3], Zaliautdinova R.Iu.[2], Vishnevskii Y.V.[2], Tanashyan M.M.[4]

1 - M.V. Lomonosov Moscow State University. Moscow, Russia.
2 - Central Clinical Medical-Sanitary Hospital. Magnitogorsk, Russia.
3 - Central Clinical Hospital. Novosibirsk, Russia.
4 - Research Center of Neurology. Moscow, Russia.

Endovascular thrombectomy (ET) is an effective reperfusion therapy method for carefully selected patients with ischemic stroke (IS). One of the predictors of its effectiveness is the state of collateral blood flow (collaterals) – the degree of development and functional involvement of collateral arteries in the area of ischemic lesion. Currently, there is no consensus on how collateral status (CS) should influence decision-making regarding reperfusion therapy tactics.

Purpose. To assess the influence of CS on the functional outcome of stroke in the anterior circulation after performing ET within the first 6 hours of IS.

Materials and methods. A retrospective study included 267 patients (137 (51.3%) men, 130 (46.8%) women, mean age 69.4 years) with IS who underwent endovascular treatment within the first 6 hours of the disease. Reperfusion achievement was assessed using the modified Thrombolysis in Cerebral Infarction (mTICI) scale, and collaterals were assessed using the ASITN/SIR scale during digital subtraction angiography performed as part of the endovascular intervention. The severity of neurological deficits was assessed on admission using the NIHSS scale, and functional outcome at discharge and on day 90 after stroke was assessed using the modified Rankin Scale.

Results and discussion. Before the start of ET, 134 (50.2%) patients had an ASITN/SIR score of 0-1 (poor CS), while 133 (49.8%) patients had moderate to good CS (ASITN/SIR 2-3). A positive correlation was demonstrated between CS and achieving reperfusion on mTICI, and a negative correlation with the initial severity by NIHSS scale. Poor CS was associated with a higher likelihood of poor functional outcome at discharge and on day 90 post-stroke, and was also a predictor of mortality on day 90. In patients who achieved mTICI 2b-3 reperfusion good collaterals demonstrated prognostic significance for achieving a favorable outcome, while poor CS was associated with mortality on day 90 after stroke.

Conclusion. CS has prognostic value in determining the functional outcomes of IS in the anterior circulation in patients who underwent ET within the first 6 hours of stroke and can be considered when selecting patients for endovascular intervention.

Keywords: ischemic stroke, endovascular thrombectomy, collateral blood flow, digital subtraction angiography.

Corresponding author: Domashenko M.A., e-mail: mdomashenko@gmail.com

For citation: Domashenko M.A., Konstantinov V.I., Loskutnikov M.A., Zaliautdinova R.Iu., Vishnevskii Y.V., Tanashyan M.M. Assessment of collateral blood flow as a predictor of endovascular thrombectomy efficacy in acute ischemic stroke. REJR 2025; 15(4):20-33. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-4-20-33.

Received: 08.12.25 Accepted: 18.12.25

Эндоваскулярная тромбэктомия (ТЭ) является одним из наиболее эффективных методов реперфузионной терапии пациентов в остром периоде ишемического инсульта (ИИ) при ее применении у тщательно отобранных пациентов [1, 2].

В 2015 г. были опубликованы результаты пяти многоцентровых рандомизированных клинических исследований (SWIFT PRIME, REVASCAT, ESCAPE, EXTEND-IA и MR CLEAN), продемонстрировавших эффективность и безопасность тромбэктомии у пациентов с окклюзией крупной итрацеребральной артерии каротидного бассейна в первые 6 ч ишемического инсульта в сравнении с консервативной терапией [3-7]. В анализе индивидуальных данных указанных исследований HERMES Collaboration было показано, что тромбэктомия сопряжена с уменьшением вероятности развития неудовлетворительных функциональных исходов ишемического инсульта (скорректированное отношение шансов 2,49 [95% доверительный интервал: 1,76-3,53], p<0,001) [8].

Последующие годы были направлены как на отработку методик тромбэктомии, так и на поиск путей расширения окна терапевтических возможностей при данном виде реперфузионной терапии ишемического инсульта. Так, результаты исследований DAWN и DEFUSE 3 позволили проводить эндоваскулярные вмешательства у пациентов с ишемическим инсультом, госпитализированных в период 6-24 ч инсульта, при соответствии критериям включения в данные исследования [9, 10].

Эндоваскулярные методики с высоким уровнем убедительности рекомендаций (А) и достоверности доказательств (1) вошли в Клинические рекомендации «Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака», одобренные в Российской Федерации [2]. Также следует отметить бурный рост выполнения тромбэктомии в нашей стране. За 10 лет частота выполнения тромбэктомии (от всех госпитализированных пациентов с ишемическим инсультом) выросла с 0,1% (386 процедур) в 2015 г. до 2,3% в 2024 г. (10 305 процедур) [11].

Вместе с тем, следует отметить, что несмотря на очевидную эффективность данного подхода к терапии ишемического инсульта в сравнении с консервативными методами лечения, более половины пациентов остаются глубоко инвалидизированными, также высоки показатели частоты летальных исходов как в метаанализах рандомизированных контролируемых исследований [8], так и по данным реальной клинической практики [12], что ставит важным вопрос оптимизации отбора пациентов для выполнения тромбэктомии.

Одним из активно изучаемых в настоящее время предикторов эффективности эндоваскулярного лечения ишемического инсульта является состояние коллатерального кровотока (КК) – степени развитости и функционального включения коллатеральных артерий в области ишемического поражения. Со времени первого упоминания о важности оценки коллатерального кровотока в прогнозе инсульта Liebeskind D.S. (2003) [13] накоплено значительное количество данных, демонстрирующих корреляции выраженности коллатерального кровотока с функциональным исходом ишемического инсульта и объемом ишемического поражения вещества головного мозга [14].

«Золотым стандартом» оценки коллатерального кровотока при эндоваскулярных вмешательствах на интрацеребральных артериях является шкала коллатералей Американского общества интервенционной и терапевтической нейрорадиологии/Общества интервенционной радиологии (ASITN/SIR) на основе данных дигитальной субтракционной ангиографии (ДСА), классифицирующая состояние церебральных коллатералей в градации от 0 до 4, где уровень (Grade) 0 соответствует состоянию, при котором видимые коллатерали к зоне ишемии отсутствуют, Grade 1 – медленный коллатеральный кровоток к периферии ишемической области с сохранением зоны дефекта перфузии, Grade 2 – быстрый коллатеральный кровоток к периферии зоны ишемии и заполнением части ишемической территории (с сохранением зоны дефекта перфузии), Grade 3 – коллатерали с медленным, но ангиографически полным заполнением русла в зоне ишемии в позднюю венозную фазу, Grade 4 – полный и быстрый коллатеральный кровоток в сосудистое русло всей территории ишемии путем ретроградной перфузии [15]. Уровни 0-1, 2 и 3-4 обычно рассматриваются, соответственно, как плохой, умеренный и хороший коллатеральный кровоток [16].

Также разработан ряд шкал оценки коллатерального кровотока по данным КТ-ангиографии (КТА) [17-20] с числом градаций от 2 до 20, обладающих разной степенью межэкспертной согласованности в отношении их предиктивной роли в отношении функционального исхода ишемического инсульта [21, 22]. Как следствие, в настоящее время отсутствует единое мнение о том, как статус коллатерального кровотока должен

влиять на принятие решений о тактике реперфузионной терапии [23], а оценка коллатералей остается недостаточно используемой в реальной клинической практике [24]. Так, в отечественных клинических рекомендациях 2024 г. [2] оценка коллатерального кровотока фигурирует только в контексте выбора модальности нейровизуализации для рассмотрения возможности выполнения тромбэктомии в терапевтическом окне 6-24 часа ишемического инсульта, однако необходимость учитывать степень выраженности коллатерального кровотока при отборе больных для проведения тромбэктомии в первые 0-6 часов инсульта не определена.

Цель исследования.

Оценка влияния коллатерального кровотока на функциональный исход инсульта в каротидном бассейне после выполнения тромбэктомии в окне терапевтических возможностей 0-6 часов.

Материалы и методы.

Ретроспективно проанализированы медицинские данные 267 пациентов (137 мужчин (51,3%), 130 женщин (46,8%), средний возраст – 69,4 лет) с ишемическим инсультом в бассейне артерий каротидной системы, проходивших стационарное лечение на базе Регионального сосудистого центра АНО «Центральная клиническая медико-санитарная часть» (г. Магнитогорск, Челябинская область) (2019-2025 гг.), которым была выполнена эндоваскулярная тромбэктомия или комбинация тромбэктомии и тромболитической терапии.

Всем пациентам проводилось клинико-инструментальное обследование в рамках действующих порядков оказания медицинской помощи и клинических рекомендаций. Подтип инсульта определялся по классификации SSS-TOAST [25].

Выраженность неврологических нарушений при поступлении в стационар оценивалась по шкале инсульта Национальных институтов здоровья США NIHSS [26].

Эндоваскулярная тромбэктомия выполнялась с использованием методики тромбэкстракции стент-ретривером у 181 пациента (67,8%), аспирационных методик – у 18 больных (6,7%), а также комбинации аспирации тромба и тромбэкстракции стент-ретривером – у 68 пациентов (25,5%). Достижение реканализации при проведении тромбэктомии оценивалось по шкале степени восстановления кровотока по интрацеребральным артериям (mTICI) [16]. Технической целью выполнения эндоваскулярного вмешательства являлось достижение реперфузии по шкале mTICI 2b-3 (202 пациента (75,7%)), у 65 больных (24,3%) были достигнуты меньшие градации реканализации и реперфузии (mTICI 0-2a).

Оценка развития геморрагической трансформации (ГТ) – одного из самых частых осложнений, ухудшающих прогноз пациентов после тромбэктомии [12], – проводилась по классификации исследования ECASS II [27] при повторной компьютерной томографии (КТ) головного мозга на 2-е сутки ишемического инсульта.

Коллатеральный кровоток оценивался по шкале ASITN-SIR [15] при выполнении ДСА во время проведения эндоваскулярного вмешательства.

Функциональный исход оценивался по модифицированной шкале Рэнкин – mRS [28] на 10-14 сутки госпитализации (при выписке/переводе пациента на второй этап реабилитации или ранее при наступлении летального исхода), а также на 90-е сутки ишемического инсульта (при очной консультации или в рамках структурированного телефонного интервью). Оценка по mRS 0-2 балла при выписке и/или 0-1 балл на 90-е сутки ишемического инсульта определяла хороший исход, 4-6 баллов при выписке и/или 5-6 баллов на 90-е сутки инсульта – неблагоприятный (в т.ч. летальный) функциональный исход.

Статистический анализ проводился с помощью языка программирования R (v. 4.4.1) в программной оболочке RStudio (v. 2025.05.1). Описательная статистика проводилась с помощью медианы и указания верхнего и нижнего квартиля (для непрерывных переменных) или частот (для дискретных переменных). Для сравнения двух независимых групп использовался тест Уилкоксона-Манна-Уитни (непрерывные величины) или тест x2 Пирсона (в случае дискретных величин). Сравнение трех и более независимых групп проводилось методикой ANOVA (тест Краскела – Уоллиса) с дальнейшим проведением попарных сравнений и получением скорректированного значения p с помощью поправки на множественные сравнения по методике Хольма. Анализ предикторной значимости выполнен с помощью регрессионного анализа с определением отношения шансов [ОШ] и 95% доверительного интервала [ДИ]. Корреляционный анализ проведен по методу Спирмена, визуализирован с помощью коррелограммы. Уровень значимости был 0,05, все тесты были двухсторонними.

Результаты.

Клиническая картина у обследованных больных была представлена общемозговой

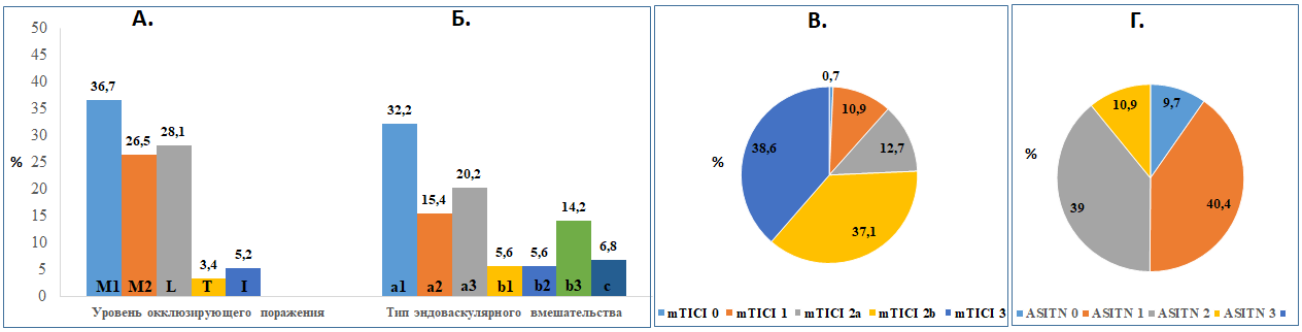

Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Диаграммы. Результаты дигитальной субтракционной ангиографии, методики и результаты тромбэктомии (ТЭ) у обследованных пациентов.

А – Уровни окклюзирующего поражения артерий, вызвавших развитие ишемического инсульта, у обследованных пациентов, которым выполнена ТЭ .

Обозначения: M1 – окклюзия сегмента M1 средней мозговой артерии; M2 – окклюзия M2 сегмента средней мозговой артерии; L – окклюзия ВСА с переходом на среднюю мозговую артерию; T – окклюзия ВСА с переходом на переднюю и среднюю мозговую артерию; I – окклюзия ВСА.

Б – Методики эндоваскулярных вмешательств при выполнении ТЭ. Обозначения: a1 – Тромбэкстракция стент-ретривером (1); a2 – Тромбэкстракция стент-ретривером (2); a3 – Тромбэкстракция стент-ретривером (3 и более); b1 – Комбинация тромбэкстракции стент-ретривером и аспирации тромба (1); b2 – Комбинация тромбэкстракции стент-ретривером и аспирации тромба (2); b3 – Комбинация тромбэкстракции стент-ретривером и аспирации тромба (3 и более); c – Аспирация тромба. В скобках указано количество тракций при выполнении операции тромбэкстракции.

В – Достижение реперфузии (mTICI) при выполнении ТЭ.

Г – Оценка коллатерального кровотока (ASITN/SIR).

Fig. 1. Diagrams. The results of digital subtraction angiography, methods and angiographic results of endovascular thrombectomy of patients included in the study.

A – Levels of occlusive arterial lesions that caused the development of ischemic stroke in the examined patients who underwent thrombectomy.

Legends: M1 – occlusion of the M1 segment of the middle cerebral artery; M2 – occlusion of the M2 segment of the middle cerebral artery; L – occlusion of the ICA with transition to the middle cerebral artery; T – occlusion of the ICA with transition to the anterior and middle cerebral artery; I – occlusion of the ICA.

B – Methods of endovascular interventions during thrombectomy.

Legends: a1 – Thrombus extraction with a stent retriever (1); a2 – Thrombus extraction with a stent retriever (2); a3 – Thrombus extraction with a stent retriever (3 or more); b1 – Combination of thrombus extraction with a stent retriever and thrombus aspiration (1); b2 – Combination of thrombus extraction with a stent retriever and thrombus aspiration (2); b3 – Combination of thrombus extraction with a stent retriever and thrombus aspiration (3 or more); c – Thrombus aspiration. The number of tractions during thrombus extraction is given in parentheses.

B – Achievement of reperfusion (mTICI) during thrombectomy.

D – Assessment of collateral blood flow (ASITN/SIR).

(нарушение уровня бодрствования от оглушения до сопора у 100 пациентов (37,4%)) и очаговой неврологической симптоматикой, обусловленной поражением одного из полушарий большого мозга. Превалировали двигательные нарушения в виде центрального гемипареза (у всех больных), причем более чем у половины до гемиплегии (у 142 пациентов (53,2%)), расстройства поверхностной чувствительности (гемигипальгезия, гемианальгезия у 147 больных (55,1%)) и нарушения глубокой чувствительности, включая неглект-синдром (у 125 пациентов (46,8%)). Афазия различной степени выраженности отмечалась у 150 больных (56,2%), дизартрия – у 131 больного (49,1%). Парез нижней мимической мускулатуры разной степени выраженности был у всех пациентов, глазодвигательные нарушения (ограничение взора, парез взора) – у 72 (26,9%), гемианопсия – у 32 больных (12%).

Распределение пациентов по уровню окклюзирующего поражения артерий, вызвавших развитие ишемического инсульта, методикам эндоваскулярной тромбэктомии, степени достижения реперфузии после рентгенэндоваскулярного вмешательства, а также оценке коллатерального кровотока представлены на рисунке 1. По данным ДСА у пациентов преобладала закупорка сегмента М1 средней мозговой артерии (СМА), наиболее частым методом ТЭ являлась тромбэкстракция стент-ретривером с проведением 1 тракции, целевых значений реперфузии (mTICI 2b-3) удалось достичь у 202 пациентов (75,7%).

Исходя из целей работы, больные были распределены на две группы: 134 пациента (50,2%) до начала ТЭ имели оценку коллатерального кровотока ASITN/SIR 0–1 (плохой коллатеральный кровоток), у 133 больных (49,8%) зарегистрирован умеренный и хороший коллатеральный кровоток (ASITN/SIR 2–3). Пациенты обеих подгрупп статистически не различались по полу, возрасту, латерализации инфаркта головного мозга, времени от дебюта неврологической симптоматики до начала ТЭ, а также подтипу инсульта (табл. №1).

Частота развития ГТ была схожей у пациентов вне зависимости от состояния коллатералей: так у пациентов с плохим колла-

Таблица №1. Основные клинические характеристики обследованных пациентов.

Параметр	ASITN 0-1 N=134[1]	ASITN 2-3 N=133[1]	p[2]
Мужской пол	73 (54,5%)	64 (48,1%)	0,299
Возраст, лет	71 (62; 77)	70 (64; 77)	0,698
Время до пункции, ч	3,5 (3; 4,5)	3 (2,5; 4)	0,165
Левое полушарие	81 (60,4%)	69 (51,9%)	0,226
Подтип инсульта			
АТИ	37 (27,6%)	34 (25,6%)	0,705
КЭИ	65 (48,5%)	68 (51,1%)	0,669
Другой уточненный	3 (2,2%)	1 (0,8%)	0,622
Неуточненный	29 (21,6%)	30 (22,6%)	0,857
Место (тип) окклюзии			
М1 сегмент СМА	43 (32,1%)	55 (41,4%)	0,116
М2 сегмент СМА	35 (26,1%)	34 (25,6%)	0,861
L-окклюзия ВСА	44 (32,8%)	32 (24,1%)	0,083
Т-окклюзия ВСА	8 (6%)	2 (1,5%)	0,036
I-окклюзия ВСА	4 (3%)	10 (7,5%)	0,108
Изолированная окклюзия СМА (М1+М2)	78 (58,2%)	89 (66,9%)	0,083
Окклюзирующее поражение ВСА и ее интрацеребральных ветвей (L+T)	52 (38,8%)	34 (25,6%)	0,012

теральным кровотоком геморрагические инфаркты зарегистрированы у 20 больных (15,7%), паренхиматозные гематомы – у 16 пациентов (12,6%), в то время как у больных с умеренным и хорошим коллатеральным кровотоком геморрагические инфаркты выявлены у 25 пациентов (18,8%) (p=0,633), паренхиматозные гематомы – у 18 больных (13,5%) (p=0,823).

Ассоциация коллатерального кровотока с выраженностью неврологической симптоматики и степенью достижения реперфузии при проведении ТЭ представлена на рисунке 2. Обращает на себя внимание положительная корреляционная связь коллатерального кровотока и уровня восстановления кровотока по шкале mTICI и, наоборот, отрицательная – с исходной тяжестью пациентов по шкале NIHSS.

Среди пациентов с ишемическим инсультом и плохим коллатеральным кровотоком как при выписке, так и на 90-е сутки заболевания отмечалась меньшая частота достижения хорошего и, наоборот, большая – неблагоприятного функционального исхода (рис. 3). Более того, на 90-е сутки в этой группе больных была продемонстрирована большая частота развития летальных исходов по сравнению с пациентами с умеренным и хорошим коллатеральным кровотоком.

Анализ предикторной значимости коллатерального кровотока в отношении функционального исхода инсульта выполнен при помощи биномиальной логистической регрессии (см. табл. №2), в том числе с разделением пациентов на достигших целевые значения реперфузии по mTICI 2b-3 и имевших меньшие показатели восстановления кровотока по ДСА (mTICI <2b). Плохой коллатеральный кровоток был статистически значимо ассоциирован с большей вероятностью развития неблагоприятного функционального исхода как при выписке, так и на 90-е сутки ишемического инсульта, а также являлся предиктором летального исхода на 90-е сутки инсульта. Важно подчеркнуть, что у пациентов с достижением реперфузии mTICI 2b-3 хороший коллатеральный кровоток продемонстрировал прогностическую значимость в достижении благоприятного исхода, в то время как плохой коллатеральный кровоток был ассоциирован с развитием летального исхода на 90-е сутки ишемического инсульта.

Обсуждение.

В рамках ретроспективного исследования пациентов с ишемическим инсультом в бассейне артерий каротидной системы нами продемонстрировано, что состояние коллатерального кровотока, оцениваемого при ДСА по шкале ASITN/SIR, ассоциировано с функциональным исходом ишемического инсульта (см. рис. 3, табл. №2), сопряжено с выраженностью неврологических нарушений по шкале NIHSS, а также с достижением реперфузии при выполнении эндоваскулярного лечения в первые 6 ч инсульта (см. рис. 2).

В международном регистре ENDOSTROKE на пациентах с проксимальной окклюзией СМА была впервые отмечена

Таблица №2. Ассоциации оценки коллатерального кровотока и функционального исхода после проведения тромбэктомии с достижением различного уровня реперфузии (по данным регрессионного анализа).

	ТЭ с достижением реперфузии mTICI 2b-3						ТЭ с достижением реперфузии mTICI 0-2a						ТЭ вне зависимости от достижения реперфузии					
	Вес	SE	Z	OR	ДИ	p	Вес	SE	Z	OR	ДИ	p	Вес	SE	Z	OR	ДИ	p
ASTIN 2-3 vs mRS 0-2 (выписка)	0,66	0,32	2,03	1,93	1,02; 3,63	0,042	NA						0,82	0,31	2,67	2,28	1,24; 4,18	0,008
ASTIN 0-1 vs mRS 4-6 (выписка)	0,41	0,29	1,4	1,51	0,85; 2,68	0,161	0,5	1,03	0,49	1,65	0,22; 12,5	0,627	0,55	0,27	2,03	1,73	1,02; 2,93	0,043
ASTIN 0-1 vs летальный исход (выписка)	0,35	0,33	1,05	1,41	0,74; 2,69	0,294	0,98	0,6	1,65	2,67	0,83; 8,56	0,099	0,54	0,28	1,9	1,71	0,98; 2,98	0,057
ASTIN 2-3 vs mRS 0-1 (90)	0,74	0.33	2,20	2,09	1,08; 4,02	0,028	NA						0,91	0,32	2,85	2,49	1,33; 4,66	0,004
ASTIN 0-1 vs mRS 5-6 (90)	0,44	0,30	1,47	1,55	0,86; 2,88	0,143	1,12	0,55	2,03	3,07	1,04; 9,09	0,043	0,68	0,26	2,62	1,97	1,19; 3,26	0,009
ASTIN 0-1 vs летальный исход (90)	0,62	0,32	1,95	1,96	0,99; 3,48	0,048	0,71	0,54	1,32	2,04	0,71; 5,89	0,187	0,73	0,27	2,68	2,06	1,22; 3,51	0,007

Примечания: mRS – модифицированная шкала Рэнкин (в скобках указаны сроки оценки функционального исхода по данной шкале – выписка или 90 дней после инсульта); NA – данные статистической обработки отсутствуют.

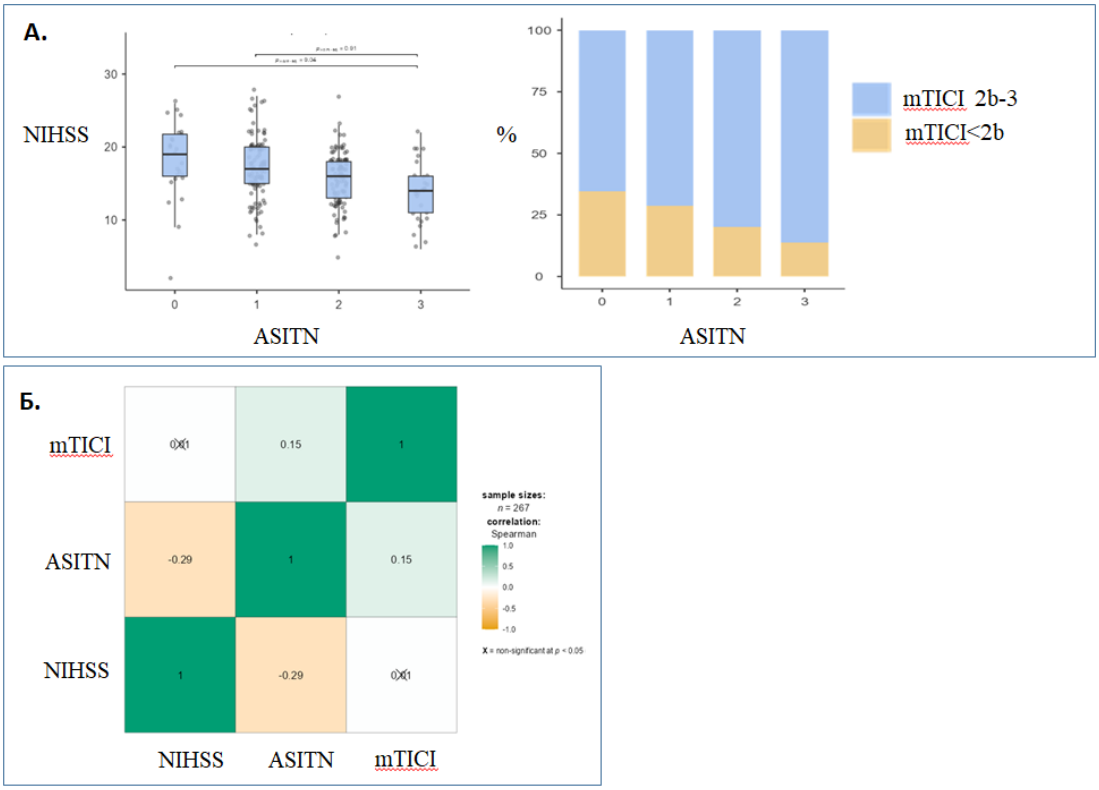

Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. Диаграммы. Оценка выраженности неврологических нарушений и достижения реперфузии в зависимости от уровня коллатерального кровотока.

А – Распределение пациентов с разной оценкой коллатерального кровотока (ASITN/SIR) по выраженности неврологических нарушений (NIHSS) и частоте достижения реперфузии (mTICI). Тест Краскела – Уоллиса с проведением попарных сравнений и получением скорректированного значения p с помощью поправки на множественные сравнения по методике Хольма.

Б – Корреляционный анализ оценки коллатерального кровотока, выраженности неврологических нарушений по NIHSS и достижения реперфузии по mTICI. Метод Спирмена. Вычеркнуты корреляции с p > 0,05.

Fig. 2. Diagrams. Severity of neurological deficit and achievement of reperfusion in different grades of collateral blood flow.

A – Distribution of patients with different collateral blood flow assessments (ASITN/SIR) by the severity of neurological impairment (NIHSS) and the rate of reperfusion (mTICI). Kruskal-Wallis test with pairwise comparisons and adjusted p-value obtained using Holm's multiple comparison correction.

B – Correlation analysis of collateral blood flow assessment, the severity of neurological impairment according to NIHSS, and the achievement of reperfusion according to mTICI. Spearman's test. Correlations with p > 0.05 are excluded.

положительная корреляция между лучшим состоянием коллатералей при ДСА и более высокой частотой реперфузии, приводящей к меньшему объему инфаркта и лучшему клиническому исходу [29].

Berkhemer O.A. et al. (2016) обнаружили значимую (p=0,038) роль состояния коллатералей (при их оценке по данным КТА) в эффективности тромбэктомии, при этом наибольшее влияние на функциональный исход (скорректированное ОШ 3,2 [95% ДИ: 1,7–6,2]) отмечено у пациентов с хорошим коллатеральным кровотоком, по сравнению с умеренным, плохим или отсутствующим [30]. Nisar T. et al. (2022) оценивали коллатеральный кровоток при КТА у пациентов с ишемическим инсультом, которым выполнялась тромбэктомия как в окне терапевтических возможностей 0-6 ч, так и позже. У больных, поступивших в раннем терапевтическом окне, коллатеральный кровоток вне зависимости от используемой шкалы его оценки

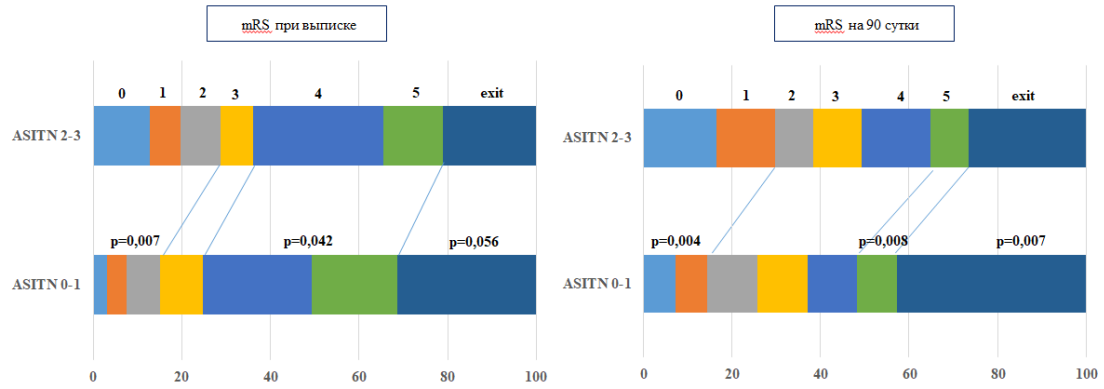

Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. Диаграммы.

Функциональные исходы у пациентов с ишемическим инсультом обследованных групп.

Fig.3. Diagrams.

Functional outcomes in evaluated patients with ischemic stroke.

был ассоциирован с хорошим функциональным исходом, в то же время ни одна из шкал в данной работе не продемонстрировала связи коллатерального кровотока с эффективностью и безопасностью тромбэктомии, выполненной пациентам спустя 6 ч после дебюта симптомов ишемического инсульта [31]. Данные систематического обзора и метаанализа Leng X. et al. (2016) продемонстрировали, что у пациентов с ишемическим инсультом, которым выполнялась тромбэктомия, лучший коллатеральный кровоток до начала терапии ассоциирован с удвоенным шансом достижения благоприятного функционального исхода (ОШ 1,98; 95% ДИ: 1,64-2,38; p<0,001) и снижением риска смерти через 3 месяца в два раза (ОШ 0,49; 95% ДИ: 0,38-0,63; p<0,001) [32]. Сходные данные получены в более поздних публикациях [33, 34].

Выявленные нами ассоциации подчеркивают фундаментальную роль коллатерального кровотока в поддержании гемодинамической стабильности и церебральной перфузии в зоне ишемии при окклюзии крупной интрацеребральной артерии, и, как результат, в сдерживании ишемического повреждения до достижения реперфузии [35, 36]. Более того, при выполнении тромбэктомии или ее комбинации с тромболизисом, коллатеральный кровоток обеспечивает лучший доступ к месту тромботической окклюзии как эндогенных, так и применяемых системно тромболитиков, и, возможно, создает обратное давление, которое способствует проксимальному смещению сгустка, смягчая тем самым ишемическое и реперфузионное повреждение [17, 37].

По нашим данным частота развития ГТ не отличалась у пациентов с ишемическим инсультом и разной выраженностью коллатерального кровотока. В литературе отсутствует единое мнение о влиянии коллатерального кровотока на частоту развития ГТ. По данным Van Kranendonk et al. (2019), плохой коллатеральный кровоток или его отсутствие при ангионейровизуализации были сопряжены с ГТ [38], напротив, в исследовании Huang S-Y. et al. (2025) такой ассоциации не прослеживалось. Вместе с тем авторы продемонстрировали, что при ангиографически успешной реперфузии во время тромбэктомии сочетание плохого коллатерального кровотока с ГТ было ассоциировано с худшими функциональными исходами ишемического инсульта [39].

По мнению Li Z. et al. (2025), пациенты с плохим коллатеральным статусом более восприимчивы к реперфузионному повреждению и геморрагической трансформации, особенно при предшествующему ТЭ выполнению системной тромболитической терапии, и поэтому таким больным предпочтительнее выполнять только эндоваскулярное вмешательство. Наоборот, пациенты с хорошим коллатеральным кровотоком могут рассматриваться кандидатами для комбинированной терапии (ТЭ в комбинации с тромболизисом) [40].

Заслуживают особого внимания наши данные относительно ассоциации коллатерального кровотока с функциональным исходом у пациентов с достижением реперфузии mTICI 2b-3 при ТЭ (см. табл. №2). По мнению Regenhardt R.W. et al. (2021) и Ospel J.M. et al. (2024), достижение ангиографически успешного восстановления кровотока по окклюзированной интрацеребральной артерии по данным ДСА при ТЭ не исключает дальнейшего роста инфаркта головного мозга [41, 42], что может независимо уменьшать вероятность достижения хорошего функционального исхода [42, 43]. Метаанализ Bala F. et al. (2021) показал больший рост инфаркта головного мозга при большем исходном его объеме, более высокими показателями неполной реперфузии при ТЭ и более длительным временем от начала симптомов до реперфузии [44, 45], а уменьшение роста инфаркта было связано с увеличением вероятности функциональной независимости [45, 46]. Это дополняет важность выявленных нами ассоциаций коллатерального кровотока и функциональных исходов при достижении успешной реперфузии при ТЭ, а также корреляции коллатерального кровотока и исходной выраженности неврологических нарушений по шкале NIHSS (в значительной степени отражающих объем инфаркта головного мозга при его полушарной локализации), что позволяет делать вывод о необходимости учитывать состояние коллатерального кровотока при отборе пациентов на тромбэктомию, особенно для больных с изначально высоким риском внутричерепных кровоизлияний.

Заключение.

Наши результаты подчеркивают важную роль коллатерального кровотока в определении функциональных исходов ишемического инсульта в бассейне артерий каротидной системы, которым выполнялась тромбэктомия в окне терапевтических возможностей 0-6 часов.

Следует признать несколько ограничений данного исследования. Во-первых, ретроспективный нерандомизированный дизайн без заслепления исходов потенциально ограничивает возможность делать причинно-следственные выводы, даже несмотря на стандартизацию к выполнению тромбэктомии у наших пациентов. Во-вторых, исследование проводилось в одном центре, что может влиять на воспроизводимость находок (особенно учитывая различные протоколы ведения пациентов в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии, что крайне важно для данной категории больных). В-третьих, полученные нами предсказательные модели не были ни внешне валидированы, ни внутренне калиброваны, и поэтому должны интерпретироваться как исследовательские. Будущие проспективные, многоцентровые исследования необходимы для валидации полученных результатов и дальнейшего выяснения рассмотрения коллатерального кровотока как одного из факторов отбора пациентов для определения тактики реперфузионной терапии.

Источник финансирования и конфликт интересов.

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

Список литературы:

1. Инсульт: инновационные технологии в лечении и профилактике. Руководство для врачей, 4-е издание. Под ред. М.А. Пирадова, М.М. Танашян, М.Ю. Максимовой. М., 2024.

2. Рубрикатор клинических рекомендаций, 2024. ID 814_. Index of Clinical Studies, ID 814_1 (2024)

3. Saver J.L., Goyal M., Bonafe A., Diener H.C., Levy E.I. et al.; SWIFT PRIME Investigators. Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke. N Engl J Med. 2015; 372 (24): 2285-2295. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1415061;

4. Jovin T.G., Chamorro A., Cobo E., de Miquel M.A., Molina C.A. et al.; REVASCAT Trial Investigators. Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke. N Engl J Med. 2015; 372(24): 2296-2306. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1503780;

5. Goyal M., Demchuk A.M., Menon B.K., Eesa M., Rempel J.L. et al.; ESCAPE Trial Investigators. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke.N Engl J Med. 2015; 372(11): 1019-1030.https://doi.org/10.1056/NEJMoa1414905;

6. Campbell B.C., Mitchell P.J., Kleinig T.J., Dewey H.M., Churilov L. et al.; EXTEND-IA Investigators. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection.N Engl J Med. 2015; 372(11): 1009-1018.https://doi.org/10.1056/NEJMoa1414792;

7. Berkhemer O.A., Fransen P.S., Beumer D., van den Berg L.A., Lingsma H.F. et al.; MR CLEAN Investigators. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke. N Engl J Med. 2015; 372(1): 11-20. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1411587

8. Goyal M., Menon B.K., van Zwam W.H., Dippel D.W., Mitchell P.J. et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient

data from five randomised trials. Lancet. 2016 Apr 23; 387(10029): 1723-31. doi: 10.1016/S0140-6736(16)00163-X

9. Nogueira R.G., Jadhav A.P., Haussen D.C., Bonafe A., Budzik R.F. et al. DAWN Trial Investigators. Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct. N Engl J Med. 2018; 378(1): 11-21. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1706442

10. Albers G.W., Marks M.P., Kemp S., Christensen S., Tsai J.P. et al.; DEFUSE 3 Investigators. Thrombectomy for Stroke at 6 to 16 Hours with Selection by Perfusion Imaging. N Engl J Med. 2018; 378(8): 708-718. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1713973;

11. Шамалов Н.А., Хасанова Д.Р., Вознюк И.А., Алашеев А.М., Хан Д.С. и др. Результаты внедрения реперфузионных технологий при ишемическом инсульте. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2025;125(8 вып. 2):32-39.

12. Домашенко М.А., Лоскутников М.А., Константинов В.И., Заляутдинова Р.Ю., Вишневский Я.В. и др. Ранняя геморрагическая трансформация инфаркта мозга на фоне реперфузионных методов лечения ишемического инсульта. Анналы клинической и экспериментальной неврологии 2025; в печати.

13. Liebeskind D.S. Collateral circulation. Stroke 2003; 34: 2279-84. 10.1161/01.STR.0000086465.41263.06

14. Liu L., Ding J., Leng X., Pu Y., Huang L.A. et al. Guidelines for evaluation and management of cerebral collateral circulation in ischaemic stroke 2017 Stroke Vasc Neurol 2018;3(3):117-30. DOI: 10.1136/svn-2017-000135

15. Higashida R.T., Furlan A.J., Roberts H., Tomsick T., Connors B. et al. for Technology Assessment Committee of the American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology; Technology Assessment Committee of the Society of Interventional Radiology. Trial design and reporting standards for intra-arterial cerebral thrombolysis for acute ischemic stroke. Stroke. 2003 Aug;34(8):e109-37. doi: 10.1161/01.STR.0000082721.62796.09. Epub 2003 Jul 17. Erratum in: Stroke. 2003 Nov;34(11):2774. PMID: 12869717

16. Zaidat O.O., Yoo A.J., Khatri P., Tomsick T.A., von Kummer R. et al. Recommendations on angiographic revascularization grading standards for acute ischemic stroke: a consensus statement. Stroke 2013;44(9):2650-63. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.001972

17. Miteff F., Levi C.R., Bateman G.A., Spratt N., McElduff P. et al. The independent predictive utility of computed tomography angiographic collateral status in acute ischaemic stroke. Brain 2009;132:2231-8. DOI: 10.1093/brain/awp155;

18. Maas M.B., Lev M.H., Ay H., Singhal A.B., Greer D.M. et al. Collateral vessels on CTA predict outcome in acute ischemic stroke. Stroke 2009; 40(9): 3001-5. doi: 10.1161/STROKEAHA.109.552513;

19. Tan I.Y., Demchuk A.M., Hopyan J., Zhang L., Gladstone D. et al. CT angiography clot burden score and collateral score: correlation with clinical and radiologic outcomes in acute middle cerebral artery infarct. AJNR Am J Neuroradiol 2009;30:525-31. DOI: 10.3174/ajnr.A1408;

20. Menon B.K., Smith E.E., Modi J., Patel S.K., Bhatia R. et al. Regional leptomeningeal score on CT angiography predicts clinical and imaging outcomes in patients with acute anterior circulation occlusions. AJNR Am J Neuroradiol 2011;32:1640-5. DOI: 10.3174/ajnr.A2564.;

21. McVerry F., Liebeskind D.S., Muir K.W. Systematic Review of Methods for Assessing Leptomeningeal Collateral Flow Am J Neuroradiol 2012, 33 (3) 576-582 doi: https://doi.org/10.3174/ajnr.A2794;

22. Долотова Д.Д., Благосклонова Е.Р., Рамазанов Г.Р., Архипов И.В., Петриков С.С. и др. Оценка церебрального коллатерального статуса по данным компьютерно томографической ангиографии при ишемическом инсульте: обзор методов ручной и автоматизированной оценки. Нейрохирургия 2022;24(2):113-21.

23. Mangiardi M., Rossi S.S., Bonura A., Iaccarino G., Alessiani M. et al. Delving into the significance of brain's collateral circulation in the era of revascularization therapy. Curr. Treat. Options Neurol. 2024 26, 281-295. doi: 10.1007/s11940-024-00794-7

24. Uniken Venema S.M., Dankbaar J.W., van der Lugt, Dippel D.W.J., van der Worp H.B. Cerebral collateral circulation in the era of reperfusion therapies for acute ischemic stroke. Stroke 2022; 53, 3222-3234. doi: 10.1161/STROKEAHA.121.037869

25. Ay H., Benner T., Arsava E.M., Furie K.L., Singhal A.B. et al. A computerized algorithm for etiologic classification of ischemic stroke: the Causative Classification of Stroke System. Stroke. 2007 Nov; 38(11): 2979-84. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.490896

26. Adams H.P. Jr, Davis P.H., Leira E.C., Chang K.C., Bendixen B.H. et al. Baseline NIH Stroke Scale score strongly predicts outcome after stroke: A report of the Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment (TOAST). Neurology. 1999 Jul 13; 53(1):126-31. doi: 10.1212/wnl.53.1.126

27. Hacke W., Kaste M., Fieschi C., von Kummer R., Davalos A. et al. Randomised double-blind placebo controlled trial of thrombolytic therapy with intravenous alteplase in acute ischaemic stroke (ECASS II) Lancet. 1998; 352:1245-1251

28. Banks J.L., Marotta C.A. Outcomes validity and reliability of the modified Rankin Scale: Implications for Stroke Clinical Trials. Stroke. 2007; 38: 1091-6. doi: 10.1161/01.STR.0000258355.23810.c6

29. Singer O.C., Berkefeld J., Nolte C.H., Bohner G., Reich A. et al. Collateral vessels in proximal middle cerebral artery occlusion: the ENDOSTROKE study. Radiology 2015;274:851-8. doi:10.1148/radiol.14140951

30. Berkhemer O.A., Jansen I.G., Beumer D., Fransen P.S., van den Berg L.A. et al. for MR CLEAN Investigators. Collateral Status on Baseline Computed Tomographic Angiography and Intra-Arterial Treatment Effect in Patients With Proximal Anterior Circulation Stroke. Stroke. 2016 Mar; 47(3): 768-76. doi: 10.1161/STROKEAHA.115.011788. Epub 2016 Jan 28. PMID: 26903582;

31. Nisar T., Abu-hadid O., Lebioda K., Tofade T., Khandelwal P. Association of pre-mechanical thrombectomy collateral scores with functional outcomes in the early versus extended window for thrombectomy. Interventional Neuroradiology. 2022;30(4):529-540. doi:10.1177/15910199221138157;

32. Leng X., Fang H., Leung T.W., Mao C., Xu Y. et al. Impact of Collateral Status on Successful Revascularization in Endovascular Treatment: A Systematic Review and Meta-Analysis. Cerebrovasc Dis 2016;41:27-34. doi:10.1159/000441803;

33. Sallustio F., Motta C., Pizzuto S., Diomedi M., Giordano A.

et al. CT angiography-based collateral flow and time to reperfusion are strong predictors of outcome in endovascular treatment of patients with stroke. J. Neurointerv. Surg. 2017; 9, 940-943. doi: 10.1136/neurintsurg-2016-012628;

34. Xu Y., Guo S., Jiang H., Han H., Sun J. et al. Collateral status and clinical outcomes after mechanical Thrombectomy in patients with anterior circulation occlusion. J. Healthc. Eng. 2022; 1-7. doi: 10.1155/2022/7796700

35. Bang O.Y., Goyal M., Liebeskind D.S. Collateral circulation in ischemic stroke: assessment tools and therapeutic strategies. Stroke 2015, 46, 3302-3309. doi: 10.1161/STROKEAHA.115.010508;

36. Yeo L.L., Paliwal P., Teoh H., Seet R.C., Chan B.P. et al. Assessment of intracranial collaterals on CT angiography in anterior circulation acute ischemic stroke. AJNR Am. J. Neuroradiol. 2015; 36, 289-294. doi: 10.3174/ajnr.A413517

37. Qian J., Fan L., Zhang W., Wang J., Qiu J. et al. A meta-analysis of collateral status and outcomes of mechanical thrombectomy. Acta Neurol. Scand. 2020; 142: 191-199. doi: 10.1111/ane.13255

38. van Kranendonk K.R., Treurniet K.M., Boers A.M.M., Berkhemer O.A., van den Berg L.A. et al. Clinical and Imaging Markers Associated with Hemorrhagic Transformation in Patients with Acute Ischemic Stroke. Stroke 2019; 50: 2037-2043 doi: 10.1161/STROKEAHA.118.024255

39. Huang S-Y., Liao N-C., Huang J-A., Chen W.H., Chen H.C. Impact of Preprocedural Collateral Status on Hemorrhagic Transformation and Outcomes After Endovascular Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke. Diagnostics. 2025; 15(21):2701. https://doi.org/10.3390/diagnostics15212701

40. Li Z., Cai C., Qin Y. Prognostic impact of collateral circulation in direct thrombectomy versus bridging thrombectomy for acute ischemic stroke patients with anterior circulation large vessel occlusion: a retrospective comparative study. Front. Neurosci. 2025; 19:1624284. doi: 10.3389/fnins.2025.1624284

41. Хадисова А.Г., Захматова Т.В. Комплексный анализ факторов риска развития геморрагических осложнений после реперфузионной терапии у пациентов с ишемическим инсультом. REJR. 2024; 14(3):7-19. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-3-7-19.42.

42. Regenhardt R.W., Etherton M.R., Das A.S., Schirmer M.D., Hirsch J.A. et al. Infarct Growth despite Endovascular Thrombectomy Recanalization in Large Vessel Occlusive Stroke. J. Neuroimaging 2021; 31: 155-164 doi: 10.1111/jon.12796

43. Ospel J.M., Rex N., Oueidat K., McDonough R., Rinkel L. et al. Infarcts Due to Large Vessel Occlusions Continue to Grow despite Near-Complete Reperfusion after Endovascular Treatment. J. Stroke. 2024; 26: 260-268 doi: 10.5853/jos.2023.02621

44. Bala F., Ospel J., Mulpur B., Kim B.J., Yoo J. et al. Infarct Growth despite Successful Endovascular Reperfusion in Acute Ischemic Stroke: A Meta-Analysis. AJNR Am. J. Neuroradiol. 2021; 42: 1472-1478 doi: 10.3174/ajnr.A7177

45. Бродецкий Б.М., Брылин К.В., Аххубекова З.А., Войновская М.А., Терновой С.К. Анализ результатов использования МРТ в диагностике острого нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу с низким неврологическим дефицитом у пациентов после чрескожных коронарных вмешательств. REJR. 2025; 15(1):62-72. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-62-72.

46. Liao N.-C., Hosseini M.B., Saver J.L. Clinically Important Effect Sizes for Clinical Trials Using Infarct Growth Reduction as the Primary Outcome: A Systematic Review. J. NeuroInterventional Surg. 2025; 17: 41-46.

References:

1. Stroke: Innovative Technologies in Treatment and Prevention. A Manual for Physicians, 4th edition. Edited by M.A. Piradov, M.M. Tanashyan, M.Yu. Maksimova. Moscow, 2024 (in Russian).

2. Clinical Guidelines Index, 2024. ID 814_. Index of Clinical Studies, ID 814_1 (2024) (in Russian).

3. Saver J.L., Goyal M., Bonafe A., Diener H.C., Levy E.I. et al.; SWIFT PRIME Investigators. Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke. N Engl J Med. 2015; 372 (24): 2285-2295. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1415061;

4. Jovin T.G., Chamorro A., Cobo E., de Miquel M.A., Molina C.A. et al.; REVASCAT Trial Investigators. Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke. N Engl J Med. 2015; 372(24): 2296-2306. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1503780;

5. Goyal M., Demchuk A.M., Menon B.K., Eesa M., Rempel J.L. et al.; ESCAPE Trial Investigators. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke.N Engl J Med. 2015; 372(11): 1019-1030.https://doi.org/10.1056/NEJMoa1414905;

6. Campbell B.C., Mitchell P.J., Kleinig T.J., Dewey H.M., Churilov L. et al.; EXTEND-IA Investigators. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection.N Engl J Med. 2015; 372(11): 1009-1018.https://doi.org/10.1056/NEJMoa1414792;

7. Berkhemer O.A., Fransen P.S., Beumer D., van den Berg L.A., Lingsma H.F. et al.; MR CLEAN Investigators. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke. N Engl J Med. 2015; 372(1): 11-20. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1411587

8. Goyal M., Menon B.K., van Zwam W.H., Dippel D.W., Mitchell P.J. et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. Lancet. 2016 Apr 23; 387(10029): 1723-31. doi: 10.1016/S0140-6736(16)00163-X

9. Nogueira R.G., Jadhav A.P., Haussen D.C., Bonafe A., Budzik R.F. et al. DAWN Trial Investigators. Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct. N Engl J Med. 2018; 378(1): 11-21. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1706442

10. Albers G.W., Marks M.P., Kemp S., Christensen S., Tsai J.P. et al.; DEFUSE 3 Investigators. Thrombectomy for Stroke at 6 to 16 Hours with Selection by Perfusion Imaging. N Engl J Med. 2018; 378(8): 708-718. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1713973;

11. Shamalov N.A., Khasanova D.R., Voznyuk I.A., Alasheev A.M., Khan D.S., et al. Results of the implementation of reper-

fusion technologies in ischemic stroke. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2025; 125 (8 issue 2): 32-39 (in Russian).

12. Domashchenko M.A., Loskutnikov M.A., Konstantinov V.I., Zalyautdinova R.Yu., Vishnevsky Ya.V., et al. Early hemorrhagic transformation of cerebral infarction during reperfusion methods of treatment of ischemic stroke. Annals of Clinical and Experimental Neurology 2025; in press (in Russian).

13. Liebeskind D.S. Collateral circulation. Stroke 2003; 34: 2279-84. 10.1161/01.STR.0000086465.41263.06

14. Liu L., Ding J., Leng X., Pu Y., Huang L.A. et al. Guidelines for evaluation and management of cerebral collateral circulation in ischaemic stroke 2017 Stroke Vasc Neurol 2018;3(3):117-30. DOI: 10.1136/svn-2017-000135

15. Higashida R.T., Furlan A.J., Roberts H., Tomsick T., Connors B. et al. for Technology Assessment Committee of the American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology; Technology Assessment Committee of the Society of Interventional Radiology. Trial design and reporting standards for intra-arterial cerebral thrombolysis for acute ischemic stroke. Stroke. 2003 Aug;34(8):e109-37. doi: 10.1161/01.STR.0000082721.62796.09. Epub 2003 Jul 17. Erratum in: Stroke. 2003 Nov;34(11):2774. PMID: 12869717

16. Zaidat O.O., Yoo A.J., Khatri P., Tomsick T.A., von Kummer R. et al. Recommendations on angiographic revascularization grading standards for acute ischemic stroke: a consensus statement. Stroke 2013;44(9):2650-63. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.001972

17. Miteff F., Levi C.R., Bateman G.A., Spratt N., McElduff P. et al. The independent predictive utility of computed tomography angiographic collateral status in acute ischaemic stroke. Brain 2009;132:2231-8. DOI: 10.1093/brain/awp155;

18. Maas M.B., Lev M.H., Ay H., Singhal A.B., Greer D.M. et al. Collateral vessels on CTA predict outcome in acute ischemic stroke. Stroke 2009; 40(9): 3001-5. doi: 10.1161/STROKEAHA.109.552513;

19. Tan I.Y., Demchuk A.M., Hopyan J., Zhang L., Gladstone D. et al. CT angiography clot burden score and collateral score: correlation with clinical and radiologic outcomes in acute middle cerebral artery infarct. AJNR Am J Neuroradiol 2009;30:525-31. DOI: 10.3174/ajnr.A1408;

20. Menon B.K., Smith E.E., Modi J., Patel S.K., Bhatia R. et al. Regional leptomeningeal score on CT angiography predicts clinical and imaging outcomes in patients with acute anterior circulation occlusions. AJNR Am J Neuroradiol 2011;32:1640-5. DOI: 10.3174/ajnr.A2564.;

21. McVerry F., Liebeskind D.S., Muir K.W. Systematic Review of Methods for Assessing Leptomeningeal Collateral Flow Am J Neuroradiol 2012, 33 (3) 576-582 doi: https://doi.org/10.3174/ajnr.A2794;

22. Dolotova D.D., Blagosklonova E.R., Ramazanov G.R., Arkhipov I.V., Petrikov S.S. et al. Assessment of cerebral collateral status based on computed tomography angiography data in ischemic stroke: a review of manual and automated assessment methods. Neurosurgery 2022;24(2):113-21 (in Russian).

23. Mangiardi M., Rossi S.S., Bonura A., Iaccarino G., Alessiani M. et al. Delving into the significance of brain's collateral circulation in the era of revascularization therapy. Curr. Treat. Options Neurol. 2024 26, 281-295. doi: 10.1007/s11940-024-00794-7

24. Uniken Venema S.M., Dankbaar J.W., van der Lugt, Dippel D.W.J., van der Worp H.B. Cerebral collateral circulation in the era of reperfusion therapies for acute ischemic stroke. Stroke 2022; 53, 3222-3234. doi: 10.1161/STROKEAHA.121.037869

25. Ay H., Benner T., Arsava E.M., Furie K.L., Singhal A.B. et al. A computerized algorithm for etiologic classification of ischemic stroke: the Causative Classification of Stroke System. Stroke. 2007 Nov; 38(11): 2979-84. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.490896

26. Adams H.P. Jr, Davis P.H., Leira E.C., Chang K.C., Bendixen B.H. et al. Baseline NIH Stroke Scale score strongly predicts outcome after stroke: A report of the Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment (TOAST). Neurology. 1999 Jul 13; 53(1):126-31. doi: 10.1212/wnl.53.1.126

27. Hacke W., Kaste M., Fieschi C., von Kummer R., Davalos A. et al. Randomised double-blind placebo controlled trial of thrombolytic therapy with intravenous alteplase in acute ischaemic stroke (ECASS II) Lancet. 1998; 352:1245-1251

28. Banks J.L., Marotta C.A. Outcomes validity and reliability of the modified Rankin Scale: Implications for Stroke Clinical Trials. Stroke. 2007; 38: 1091-6. doi: 10.1161/01.STR.0000258355.23810.c6

29. Singer O.C., Berkefeld J., Nolte C.H., Bohner G., Reich A. et al. Collateral vessels in proximal middle cerebral artery occlusion: the ENDOSTROKE study. Radiology 2015;274:851-8. doi:10.1148/radiol.14140951

30. Berkhemer O.A., Jansen I.G., Beumer D., Fransen P.S., van den Berg L.A. et al. for MR CLEAN Investigators. Collateral Status on Baseline Computed Tomographic Angiography and Intra-Arterial Treatment Effect in Patients With Proximal Anterior Circulation Stroke. Stroke. 2016 Mar; 47(3): 768-76. doi: 10.1161/STROKEAHA.115.011788. Epub 2016 Jan 28. PMID: 26903582;

31. Nisar T., Abu-hadid O., Lebioda K., Tofade T., Khandelwal P. Association of pre-mechanical thrombectomy collateral scores with functional outcomes in the early versus extended window for thrombectomy. Interventional Neuroradiology. 2022;30(4):529-540. doi:10.1177/15910199221138157;

32. Leng X., Fang H., Leung T.W., Mao C., Xu Y. et al. Impact of Collateral Status on Successful Revascularization in Endovascular Treatment: A Systematic Review and Meta-Analysis. Cerebrovasc Dis 2016;41:27-34. doi:10.1159/000441803;

33. Sallustio F., Motta C., Pizzuto S., Diomedi M., Giordano A. et al. CT angiography-based collateral flow and time to reperfusion are strong predictors of outcome in endovascular treatment of patients with stroke. J. Neurointerv. Surg. 2017; 9, 940-943. doi: 10.1136/neurintsurg-2016-012628;

34. Xu Y., Guo S., Jiang H., Han H., Sun J. et al. Collateral status and clinical outcomes after mechanical Thrombectomy in patients with anterior circulation occlusion. J. Healthc. Eng. 2022; 1-7. doi: 10.1155/2022/7796700

35. Bang O.Y., Goyal M., Liebeskind D.S. Collateral circulation in ischemic stroke: assessment tools and therapeutic strategies. Stroke 2015, 46, 3302-3309. doi: 10.1161/STROKEAHA.115.010508;

36. Yeo L.L., Paliwal P., Teoh H., Seet R.C., Chan B.P. et al. Assessment of intracranial collaterals on CT angiography in anterior circulation acute ischemic stroke. AJNR Am. J. Neu-

roradiol. 2015; 36, 289-294. doi: 10.3174/ajnr.A413517

37. Qian J., Fan L., Zhang W., Wang J., Qiu J. et al. A meta-analysis of collateral status and outcomes of mechanical thrombectomy. Acta Neurol. Scand. 2020; 142: 191-199. doi: 10.1111/ane.13255

38. van Kranendonk K.R., Treurniet K.M., Boers A.M.M., Berkhemer O.A., van den Berg L.A. et al. Clinical and Imaging Markers Associated with Hemorrhagic Transformation in Patients with Acute Ischemic Stroke. Stroke 2019; 50: 2037-2043 doi: 10.1161/STROKEAHA.118.024255

39. Huang S-Y., Liao N-C., Huang J-A., Chen W.H., Chen H.C. Impact of Preprocedural Collateral Status on Hemorrhagic Transformation and Outcomes After Endovascular Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke. Diagnostics. 2025; 15(21):2701. https://doi.org/10.3390/diagnostics15212701

40. Li Z., Cai C., Qin Y. Prognostic impact of collateral circulation in direct thrombectomy versus bridging thrombectomy for acute ischemic stroke patients with anterior circulation large vessel occlusion: a retrospective comparative study. Front. Neurosci. 2025; 19:1624284. doi: 10.3389/fnins.2025.1624284

41. Hadisova A.G., Zakhmatova T.V. Complex analysis of risk factors for hemorrhagic

complications after reperfusion therapy in patients with ischemic stroke. REJR. 2024; 14(3):7-19. DOI:10.21569/2222-7415-2024-14-3-7-19 (in Russian).

42. Regenhardt R.W., Etherton M.R., Das A.S., Schirmer M.D., Hirsch J.A. et al. Infarct Growth despite Endovascular Thrombectomy Recanalization in Large Vessel Occlusive Stroke. J. Neuroimaging 2021; 31: 155-164 doi: 10.1111/jon.12796

43. Ospel J.M., Rex N., Oueidat K., McDonough R., Rinkel L. et al. Infarcts Due to Large Vessel Occlusions Continue to Grow despite Near-Complete Reperfusion after Endovascular Treatment. J. Stroke. 2024; 26: 260-268 doi: 10.5853/jos.2023.02621

44. Bala F., Ospel J., Mulpur B., Kim B.J., Yoo J. et al. Infarct Growth despite Successful Endovascular Reperfusion in Acute Ischemic Stroke: A Meta-Analysis. AJNR Am. J. Neuroradiol. 2021; 42: 1472-1478 doi: 10.3174/ajnr.A7177

45. Brodetsky B.M., Brylin K.V., Akhkubekova Z.A., Voynovskaya M.A., Ternovoy S.K. Analysis of MRI usage in ischemic stroke diagnostics with low neurological deficiency in patients after percutaneous coronary interventions. REJR. 2025; 15(1):62-72. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-62-72 (in Russian).

46. Liao N.-C., Hosseini M.B., Saver J.L. Clinically Important Effect Sizes for Clinical Trials Using Infarct Growth Reduction as the Primary Outcome: A Systematic Review. J. NeuroInterventional Surg. 2025; 17: 41-46.