

Хирургическое лечение тандемных стенозов экстра- и интракраниальных отделов внутренней сонной артерии

Для корреспонденции: Александр Дмитриевич Прямыков, pryamikov80@rambler.ru

Поступила в редакцию 30 марта 2021 г. Исправлена 8 мая 2021 г. Принята к печати 11 мая 2021 г.

Цитировать: Прямыков А.Д., Миронков А.Б., Хрипун А.И. Хирургическое лечение тандемных стенозов экстра- и интракраниальных отделов внутренней сонной артерии. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2021;25(3):20-26.
<http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-3-20-26>

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID ID

А.Д. Прямыков, <https://orcid.org/0000-0002-4202-7549>

А.Б. Миронков, <https://orcid.org/0000-0003-0951-908X>

А.И. Хрипун, <https://orcid.org/0000-0001-7669-0835>

© А.Д. Прямыков, А.Б. Миронков, А.И. Хрипун, 2021

Статья открытого доступа, распространяется по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

А.Д. Прямыков^{1,2}, А.Б. Миронков^{1,2}, А.И. Хрипун¹

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени В.М. Буянова Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

В обзоре представлен анализ литературы по лечению тандемных стенозов интра- и экстракраниальных отделов внутренней сонной артерии. Указана частота встречаемости, описаны применяемые инструментальные методы диагностики. Продемонстрированы результаты хирургического лечения тандемных стенозов в ранних и более современных работах, описаны возможности эндоваскулярной коррекции. Авторы акцентируют внимание на отсутствии крупных, в том числе рандомизированных, исследований, посвященных сочетанным стенозам каротидного бассейна, и необходимости дальнейшего изучения проблемы.

Ключевые слова: внутренняя сонная артерия; каротидная эндартерэктомия; стентирование внутренней сонной артерии; тандемный стеноз

Введение

Тактика хирургического лечения симптомных и асимптомных стенозов внутренней сонной артерии (ВСА) отражена в национальных рекомендациях и многочисленных крупных рандомизированных исследованиях [1–3]. В то же время проблема лечения тандемного стенозического поражения ВСА на экстра- и интракраниальном уровнях не решена, так как выявление такой патологии часто приводит к радикальному изменению хирургической тактики вплоть до отказа от операции на экстракраниальном стенозе ВСА [4]. Тандемный стеноз повышает риск атероземболии, вызывает гемодинамическую нестабильность и ограничивает либо ослабляет те-

рапевтические возможности тромболизиса из-за этажного препятствия в кровоснабжении соответствующего полушария головного мозга [5].

Мнения о безопасности каротидной эндартерэктомии (КЭЭ) при тандемном интракраниальном стенозе ВСА разнятся от полного отказа от операций на экстракраниальном стенозе до демонстрации положительных и сопоставимых результатов КЭЭ с результатами у пациентов с изолированным экстракраниальным поражением ВСА. Это связано с тем, что зачастую сложно определить, какой из тандемных стенозов ВСА симптомнен и приводит к острым ишемическим церебральным событиям (транзиторная ишемическая атака или ишемический инсульт в течение 6 мес.), больше влияет на

развитие и прогрессирование хронической сосудисто-мозговой недостаточности, каков основной механизм ишемии головного мозга: атероэмболия или гипоперфузия [5–8].

В большинстве работ описаны единичные клинические случаи хирургического лечения tandemного стеноза ВСА с различными тактическими подходами, а крупные, в том числе рандомизированные, исследования с большими выборками отсутствуют [5; 9]. В данной статье обобщены данные мировой литературы, посвященные tandemным стенозам каротидного бассейна.

Стратегия поиска

Сбор информации осуществляли с помощью баз данных PubMed, Embase и Scopus, анализировали статьи по хирургическому лечению tandemных стенозов бассейна ВСА по май 2018 г. включительно.

Частота встречаемости и локализация tandemных стенозов внутренней сонной артерии

Tandemное стенотическое поражение ВСА на экстра- и интракраниальном уровне встречается редко, однако частота сопутствующих интракраниальных стенозов различной локализации составляет 22 %, а tandemных ипсилатеральных стенотических поражений каротидного бассейна — 4,8–14,2 % [4; 10–12]. Интракраниальный стеноз считают значимым, если просвет артерии сужен более чем на 50 % [11; 13; 14].

Наиболее часто стеноз на экстракраниальном уровне ВСА сочетается с сужением на уровне сифона ВСА, реже в M1-сегменте средней мозговой артерии или A1-сегменте передней мозговой артерии [6; 13]. Частота стенозов бифуркации и более 50 % сифона ВСА — 5,5–17,0 %, стеноза ВСА в сочетании с tandemными стенотическими поражениями интракраниальных ветвей (средней или передней мозговой артерии) — 2,2 % [4; 15; 16].

По сравнению с изолированным стенозом каротидного бассейна tandemное поражение ВСА не только увеличивает риск атероэмболических церебральных событий, но и отрицательно влияет на кровоснабжение головного мозга ввиду большего снижения объемного кровотока, особенно у больных с плохо развитыми коллатеральными. Также tandemные стенозы сопровождается повышенным риском инсульта [13].

Диагностика

В диагностике поражений брахиоцефальных артерий, в том числе интракраниальных отделов и ветвей ВСА, используют ультразвуковые методы, компьютерную томографию с внутривенным контрастированием, инвазивную рентгеноконтрастную ангиографию и контрастную магнитно-резонансную томографию. По мнению Y. Han и соавт., «золотым стандартом» является инвазивная рентгеноконтрастная ангиография [11], E.-J. Lee и соавт. указывают на широкие возможности контрастной магнитно-резонансной ангиографии сосудов головного мозга как более безопасной и экономически выгодной методики [14]. При этом на магнитно-резонансной ангиографии интракраниальный стеноз может выглядеть как стенотические изменения на фоне нарушенной внутричерепной гемодинамики при tandemном поражении. Как правило, такая ситуация возникает при критическом стенозе экстракраниального отдела ВСА и проявляется в виде потери или ослабления интенсивности сигнала артерии — эквивалента стеноза, что является следствием снижения скорости кровотока в данном сегменте. КЭЭ улучшает ангиографическую картину и ретроспективно указывает на гемодинамический характер патологии внутричерепных артерий [14; 17].

Результаты хирургического лечения

В ранних сравнительных работах КЭЭ у пациентов с tandemными стенозами ВСА (ее сифона) и без интракраниального поражения в большинстве случаев имела положительные клинические результаты, значимых различий по частоте инсульта и летальности не фиксировали. В этих исследованиях tandemный интракраниальный стеноз ВСА различной степени выраженности являлся основным критерием включения [12; 16; 18]. Однако J.J. Schuler и соавт. оперировали пациентов со стенозом сифона ВСА 20–69 % [18]. В исследовании G.O. Roederer и соавт. участвовал 141 человек, из них 84 % со стенозом сифона ВСА, но лишь у 9 % больных просвет артерии составил менее 50 % [16]. W.C. Maskey и соавт. сообщили, что показаниями к КЭЭ при tandemном стенозе сифона ВСА были транзиторные ишемические атаки в вертебробазиллярном бассейне, рестенозы ВСА, острая и хроническая стадии ишемической болезни сердца и ряд других, и только 7 (5,2 %) из 134 пациентов в группе tandemного стеноза имели сужение сифона

более 80 % [12]. М.А. Mattos и соавт. не выявили достоверных различий по частоте периоперационных и поздних инсультов, хотя стеноз сифона ВСА был ассоциирован с высоким риском поздних летальных исходов от кардиальных причин. Доля больных значимым (более 50 %) стенозом сифона ВСА составила 4,8 % [8].

В 2000 г. К.Н. Gurru и соавт. с помощью математической модели рассчитали гемодинамическую значимость тандемного стеноза ВСА для перфузии головного мозга. Ученые вывели график, который позволяет оценить гемодинамику и ее изменение при ликвидации проксимального стеноза. Например, при сочетании экстракраниального стеноза 70 % и тандемного интракраниального поражения 80 % суммарный, или, как указывают авторы, эквивалентный стеноз составит 82 %. Удаление проксимального стеноза 70 % не приведет к значимому гемодинамическому эффекту в данном бассейне. По мнению К.Н. Gurru и соавт., эти расчеты и подходы актуальны для пациентов с мозговой симптоматикой на фоне гипоперфузии головного мозга, а не атеротромбоэмболическими событиями. Комбинированная оценка гемодинамической значимости и эффекта дистального, проксимального и эквивалентного стеноза поможет выбрать тактику лечения [13].

Э.Б. Моллаев и соавт. продемонстрировали случай лечения больного, у которого симптомный стеноз 85 % левой ВСА сочетался с ипсилатеральным стенозом 60 % средней мозговой артерии. После обследования выполнили КЭЭ слева, периоперационных неврологических осложнений не было. Условиями выбора изолированной КЭЭ при тандемном интракраниальном стенозе авторы считают удовлетворительное заполнение передней и задней мозговых артерий, наличие развитых коллатералей из контрлатерального каротидного бассейна и дополнительную интраоперационную защиту головного мозга [9].

По мнению Д.Н. Джигладзе и соавт., сочетание асимптомного стеноза более 50 % интракраниального отдела ВСА, средней или передней мозговой артерии и стеноза ВСА на экстракраниальном уровне является противопоказанием для КЭЭ из-за риска окклюзии ВСА в послеоперационном периоде. В случае прогрессирования интракраниального стеноза более 60 % в сочетании со снижением церебрального гемодинамического резерва авторы рекомендуют использовать тактику отсроченного наложения экстра-интракраниального анастомоза [6].

Гибридный хирургический подход продемонстрировали В.В. Шломин и соавт. в клиническом случае лечения пациента с двухсторонним критическим стенозом ВСА на экстракраниальном уровне и стенозом 80 % интракраниального отдела левой ВСА. Первым этапом выполнили КЭЭ справа, так как компьютерная томография показала в правом полушарии головного мозга признаки перенесенного инсульта. Спустя 18 дней провели гибридное вмешательство: КЭЭ с последующей эндоваскулярной процедурой через венозный «хоботок» (оставленный приток) в аутовенозную заплату в объеме баллонной ангиопластики и стентирования пораженного интракраниального сегмента ВСА коронарным баллоном и коронарным стентом без лекарственного покрытия MULTI-LINK VISION RX (Abbott Laboratories, Эбботт-Парк, США). Послеоперационный период протекал без осложнений, в последующие 12 мес. отрицательной динамики не наблюдалось. Авторы подчеркнули, что тема тандемных стенозов требует дополнительного изучения [19].

Р.А. Rouleau и соавт. выполнили КЭЭ 37 пациентам с тандемным стенозом ВСА на экстракраниальном уровне и ипсилатеральным стенозом 50–90 % сифона и интракраниальных ветвей ВСА. Осложнения в виде острого инфаркта миокарда без подъема сегмента ST ($n = 1$) и стойкого повреждения ветвей черепно-мозговых нервов ($n = 1$) развились у 5,4 % больных. Малый периоперационный инсульт также произошел у 5,4 % ($n = 2$) пациентов. Летальных исходов в группе не было. Авторы указывают, что тандемный стеноз ВСА в подавляющем большинстве случаев не повлиял на решение хирурга об отказе от операции в объеме КЭЭ. Среди оставшихся пациентов с тандемным стенозом ВСА только в одном случае интракраниальный стеноз обусловил отказ от каротидной эндартерэктомии [4].

В мультицентровом исследовании L.B. Goldstein и соавт. показали, что стеноз сифона ВСА отдельно или в сочетании с такими признаками, как возраст более 75 лет, окклюзия или тромбоз ВСА, увеличивают частоту острого инфаркта миокарда, инсульта и летальности в два раза [7].

Успешное тандемное эндоваскулярное вмешательство при тандемном поражении ВСА продемонстрировали U. Utku и соавт. Больному, перенесшему ишемический инсульт и малоэффективный тромболизис за 3 мес. до операции в бассейне правой ВСА, первым этапом выполнили стентирование стеноза ВСА на экстракраниальном уровне, далее

из-за диссекции интракраниального сегмента имплантировали коронарный стент с лекарственным покрытием в зону стеноза и диссекции. По мнению авторов, именно интракраниальное стенотическое поражение могло обусловить низкую эффективность тромболитической терапии [5].

В 2014 г. С.Р. Derdeyn и соавт. опубликовали окончательные результаты рандомизированного исследования SAMMPRIS, в котором сравнивали результаты лечения 2 групп пациентов со стенозами основных интракраниальных ветвей ВСА 70–99 %. Первая группа получала только медикаментозное лечение (антиагрегантную терапию, коррекцию и модификацию факторов риска сосудистых событий, изменение образа жизни), во второй указанную медикаментозную программу дополняли стентированием интракраниального стеноза системой стента Wingspan (Stryker, Каламазу, США), предназначенного для лечения внутречерепных атеросклеротических поражений. Работу остановили досрочно из-за соображений безопасности, так как показатели инсульта и летальности в группе стентирования в течение 30 сут. значительно превышали таковые в когорте медикаментозного лечения (14,7 против 5,8 %, $p = 0,0016$). Несмотря на то что одним из критериев исключения являлся tandemный стеноз 70–99 % ВСА на экстракраниальном уровне, ближайшие и отдаленные результаты представляют интерес. После остановки исследования продолжали наблюдать 451 пациента в отдаленном периоде (медиана наблюдения 32,4 мес.). Отдаленные результаты в группе консервативного лечения также были достоверно лучше, чем в группе стентирования, в первую очередь по частоте инсульта и значимых геморрагических осложнений (любого внутречерепного кровоизлияния или системного кровотечения, потребовавшего госпитализации, переливания компонентов крови или операции) [20].

J.-T. Han и соавт. продемонстрировали успешное эндоваскулярное лечение 12 пациентов с tandemным поражением каротидного и вертебрального бассейнов различной локализации. У 7 больных наблюдался стеноз экстракраниального отдела ВСА в сочетании со стенозом этой же артерии на уровне кавернозного сегмента. У 6 из них применяли подход от дистального поражения к проксимальному, оба стеноза оперировали одновременно. Периоперационных ишемических церебральных и других осложнений не наблюдали. Авторы указывают, что симультанное

эндоваскулярное вмешательство при tandemном поражении церебральных артерий может быть выполнено эффективно и безопасно [21].

Y. Han и соавт. сравнили ближайшие и отдаленные (4 года наблюдения) результаты КЭЭ у пациентов с ипсилатеральным tandemным интракраниальным стенозом ($n = 92$) и без такового ($n = 555$). Tandemное поражение более 50 % интракраниальных ветвей диагностировали с помощью контрастной магнитно-резонансной ангиографии, стенозы локализовались в средней, передней мозговой артерии, сифоне ВСА или нескольких артериях сразу. Оценивали такие первичные конечные результаты, как любой инсульт, инфаркт миокарда и летальность. Интракраниальный tandemный стеноз не влиял на эти показатели: частота периоперационных первичных конечных точек в группе tandemных стенозов составила 4,3 против 2,2 % в группе без tandemного поражения ($p = 0,22$). Через 4 года эти показатели были 8,7 против 3,8 % ($p = 0,07$). Дополнительный субанализ продемонстрировал лишь одно достоверное различие по частоте поздних малых ипсилатеральных инсультов: 1,6 % в группе без tandemного поражения против 5,4 % в группе tandemных стенозов ($p = 0,045$) [11].

E.-J. Lee и соавт. с помощью магнитно-резонансной ангиографии оценивали tandemные поражения каротидного бассейна до и после КЭЭ. Выделили три основные формы интракраниальных изменений: локальный стеноз, диффузный стеноз и ослабление интенсивности сигнала. Более чем у трети больных выявили интракраниальные повреждения, около половины из которых имели гемодинамический (обратимый) характер после реваскуляризации. После КЭЭ нормализация и улучшение этих изменений имели место лишь у 15,7 % пациентов с локальным интракраниальным стенозом, а в случае с диффузным стенозом и ослаблением сигнала данный показатель составил 86,1 и 90,2 % соответственно, что указывает на значимый вклад интракраниальной гемодинамики в диагностике tandemных поражений. После КЭЭ новые асимптомные ишемические очаги в головном мозге выявили у 18,5 % пациентов без интракраниальных изменений, у 26 % больных со стойкими изменениями и в 46,3 % случаев при гемодинамических изменениях. Частота ишемического инсульта в группах составила 1,5, 2,0 и 3,7 % соответственно. Независимыми факторами риска новых ишемических повреждений головного мозга являлись гемодинамическое интракраниальное повреждение,

Сравнительные результаты хирургического лечения при наличии или отсутствии тандемного интракраниального стеноза бассейна внутренней сонной артерии

Авторы	Повреждение черепно-мозговых нервов, %		Инфаркт миокарда, %		Инсульт, %		Летальный исход, %	
	Интракраниальный стеноз							
	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть
P.A. Rouleau и соавт. [4]*	–	4,2	–	4,2	–	6,3	–	2,1
M.A. Mattos и соавт. [8]**	–	–	–	–	2,3	3,6	0,6	0,0
Y. Han и соавт. [11]**	–	–	0,7	1,1	1,3	3,3	0,2	1,1
E.-J. Lee и соавт. [14]**	–	–	–	–	1,5	2,0	–	–
W.C. Mackey и соавт. [12]**	–	–	–	–	1,8	1,9	0,7	0,5
J.J. Schuler и соавт. [18]**	–	–	–	–	0,0	11,4	2,1	9,1
J.-T. Han и соавт. [21]**	–	0,0	–	0,0	–	0,0	–	0,0

Примечание. * Результаты за 90 дней наблюдения; ** интра- и периоперационные результаты; – нет данных или нет сравнения с группой без интракраниального стеноза.

инсульт менее 14 сут. до КЭЭ, степень стеноза ВСА, применение внутреннего шунта и уровень С-реактивного белка [14].

Результаты хирургического лечения тандемных стенозов ВСА наиболее значимых выборок пациентов представлены в *таблице*.

Заключение

Тактика, этапность и эффективность оперативных вмешательств при тандемном стенозическом поражении каротидного бассейна остаются неопределенными. Применяют как эндоваскулярные, так и гибридные методы лечения тандемных стенозов ВСА; выполняют этапные и симультанные операции. Результаты хирургического лечения носят противоречивый характер: в одних случаях указывают влияние интракраниального стеноза на периоперационные ишемические осложнения, в других — нет. Не установлено, необходимо ли хирургическое вмешательство по поводу критического интракраниального стеноза. Сложным остается вопрос, какой стеноз при тандемном поражении ВСА является симптомным: интра- или экстракраниальный. Неясны роль и влияние интракраниаль-

ного стеноза в периоперационных и отдаленных осложнениях. Тема требует дополнительных исследований.

Список литературы / References

1. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2013;19(S2):4-70. Режим доступа: http://www.angiolsurgery.org/recommendations/2013/recommendations_brachiocephalic.pdf [National guidelines for the management of patients with the brachiocephalic arteries diseases. *Angiology and Vascular Surgery*. 2013;19(S2):4-70. (In Russ.) Available from: http://www.angiolsurgery.org/recommendations/2013/recommendations_brachiocephalic.pdf]
2. Mayo S.W., Eldrup-Jorgensen J., Lucas F.L., Wennberg D.E., Bredenberg C.E. Carotid endarterectomy after NASCET and ACAS: a statewide study. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial. Asymptomatic Carotid Artery Stenosis Study. *J Vasc Surg*. 1998;27(6):1017-1022; discussion 1022-1023. PMID: 9652463. [https://doi.org/10.1016/s0741-5214\(98\)70004-7](https://doi.org/10.1016/s0741-5214(98)70004-7)
3. Naylor A.R., Ricco J.-B., de Borst G.J., Debus S., de Haro J., Halliday A., Hamilton G., Kakisis J., Kakkos S., Lepidi S., Markus H.S., McCabe D.J., Roy J., Sillesen H., van den Berg J.C., Vermassen F., ESVS Guidelines Committee, Kolh P., Chakfe N., Hinchliffe R.J., Koncar I., Lindholt J.S., Vega de Ceniga M., Verzini F., ESVS Guideline Reviewers, Archie J., Bellmunt S., Chaudhuri A., Koelemay M., Lindahl A.-K., Padberg F., Venermo M. Management

- of atherosclerotic carotid and vertebral artery disease: 2017 Clinical practice guidelines of the European Society of Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2018;55(1):3-81. PMID: 28851594. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.06.021>
4. Rouleau P.A., Huston J. 3rd, Gilbertson J., Brown R.D. Jr, Meyer F.B., Bower T.C. Carotid artery tandem lesions: frequency of angiographic detection and consequences for endarterectomy. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1999;20(4):621-625. PMID: 10319972; PMCID: PMC7056026.
 5. Utku U., Baş D.F., Sadeghi-Hokmabadi E., Gencer E., Özdemir A.Ö. Problems and solutions encountered on endovascular intervention of tandem internal carotid artery stenosis. *Arch Neuropsychiatry.* 2018;55(2):195-196. PMID: 30057464; PMCID: PMC6060664. <https://doi.org/10.5152/npa.2016.18059>
 6. Джибладзе Д.Н., Красников А.В., Лагода О.В., Бархатов Д.Ю. Асимптомные стенозы артерий каротидного бассейна. *Нервные болезни.* 2005;(2):26-31. [Dzhibladze D.N., Krasnikov A.V., Laboda O.V., Barkhatov D.Yu. Asymptomatic carotid artery stenoses. *Nervnye bolezni = Nervous diseases.* 2005;2:26-31. (In Russ.)]
 7. Goldstein L.B., McCrory D.C., Landsman P.B., Samsa G.P., Ancukiewicz M., Oddone E.Z., Matchar D.B. Multicenter review of preoperative risk factors for carotid endarterectomy in patients with ipsilateral symptoms. *Stroke.* 1994;25(6):1116-1121. PMID: 8202967. <https://doi.org/10.1161/01.str.25.6.1116>
 8. Mattos M.A., van Bemmel P.S., Hodgson K.J., Barkmeier L.D., Ramsey D.E., Sumner D.S. The influence of carotid siphon stenosis on short- and long-term outcome after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg.* 1993;17(5):902-910. PMID: 8487359.
 9. Моллаев Э.Б., Есенева М.Ф., Валиева Р.Р., Гветадзе И.А. Хирургическое лечение тандемного стеноза брахиоцефальных артерий. *Клиническая физиология кровообращения.* 2013;3:76-79. [Mollaev E.B., Eseneva M.F., Valieva R.R., Gvetadze I.A. Surgical treatment of tandem stenosis of the brachiocephalic arteries. *Klinicheskaya fiziologiya krovoobrazheniya = Clinical physiology of circulation.* 2013;3:76-79. (In Russ.)]
 10. Akers D.L., Markowitz I.A., Kerstein M.D. The value of aortic arch study in the evaluation of cerebrovascular insufficiency. *Am J Surg.* 1987;154(2):230-232. PMID: 3631398. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(87\)90187-5](https://doi.org/10.1016/0002-9610(87)90187-5)
 11. Han Y., Park H., Kwon S.U., Kang D.-W., Lee D.H., Kwon H., Kwon T.-W., Cho Y.-P., Kim G.-E. Clinical outcomes of carotid endarterectomy in patients with carotid artery tandem lesions. *Stroke.* 2014;45(11):3443-3446. PMID: 25228260. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.007181>
 12. Mackey W.C., O'Donnell T.F. Jr, Callow A.D. Carotid endarterectomy in patients with intracranial vascular disease: short-term risk and long-term outcome. *J Vasc Surg.* 1989;10(4):432-438. PMID: 2795768.
 13. Guppy K.H., Charbel F.T., Loth F., Ausman J.I. Hemodynamics of in-tandem stenosis of the internal carotid artery: when is carotid endarterectomy indicated? *Surg Neurol.* 2000;54(2):145-152. PMID: 11077096. [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(00\)00292-5](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(00)00292-5)
 14. Lee E.-J., Cho Y.-P., Lee S.-H., Lee J.S., Nam H.J., Kim B.J., Kwon T.-W., Kang D.-W., Kim J.S., Kwon S.U. Hemodynamic tandem intracranial lesions on magnetic resonance angiography in patients undergoing carotid endarterectomy. *J Am Heart Assoc.* 2016;5(10):e004153. PMID: 27702804; PMCID: PMC5121513. <https://doi.org/10.1161/JAHA.116.004153>
 15. Keagy B.A., Poole M.A., Burnham S.J., Johnson G. Jr. Frequency, severity, and physiologic importance of carotid siphon lesions. *J Vasc Surg.* 1986;3(3):511-515. PMID: 3951035. <https://doi.org/10.1067/mva.1986.avs0030511>
 16. Roederer G.O., Langlois Y.E., Chan A.R., Chikos P.M., Thile B.L., Strandness D.E. Jr. Is siphon disease important in predicting outcome of carotid endarterectomy? *Arch Surg.* 1983;118(10):1177-1181. PMID: 6615201. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1983.01390100047012>
 17. Leng X., Wong L.K.S., Soo Y., Leung T., Zou X., Wang Y., Feldmann E., Liu L., Liebeskind D. Signal intensity ratio as a novel measure of hemodynamic significance for intracranial atherosclerosis. *Int J Stroke.* 2013;8(7):E46. PMID: 24024922; PMCID: PMC4156586. <https://doi.org/10.1111/ijls.12080>
 18. Schuler J.J., Flanagan D.P., Lim L.T., Keifer T., Williams L.R., Behrend A.J. The effect of carotid siphon stenosis on stroke rate, death, and relief of symptoms following elective carotid endarterectomy. *Surgery.* 1982;92(6):1058-1067. PMID: 7147184.
 19. Шломин В.В., Шлойдо Е.А., Юртаев Е.А., Пуздряк П.Д., Бондаренко П.Б., Коротков И.В. Успешное гибридное лечение многоэтажного стеноза внутричерепной сонной артерии. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2017;10(4):58-61. [Shlomin V.V., Shloido E.A., Yurtaev E.A., Puzdriak P.D., Bondarenko P.B., Korotkov I.V. Successful hybrid treatment of tandem stenosis of internal carotid artery. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya = Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2017;10(4):58-61. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17116/kardio201710458-61>
 20. Derdeyn C.P., Chimowitz M.I., Lynn M.J., Fiorella D., Turan T.N., Janis L.S., Montgomery J., Nizam A., Lane B.F., Lutsep H.L., Barnwell S.L., Waters M.F., Hoh B.L., Hourihane J.M., Levy E.I., Alexandrov A.V., Harrigan M.R., Chiu D., Klucznik R.P., Clark J.M., McDougall C.G., Johnson M.D., Pride G.L. Jr, Lynch J.R., Zaidat O.O., Rumboldt Z., Cloft H.H. Stenting and Aggressive Medical Management for Preventing Recurrent Stroke in Intracranial Stenosis Trial Investigators. Aggressive medical treatment with or without stenting in high-risk patients with intracranial artery stenosis (SAMMPRIS): the final results of a randomised trial. *Lancet.* 2014;383(9914):333-341. PMID: 24168957; PMCID: PMC3971471. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)62038-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)62038-3)
 21. Han J.-T., Li X., He Q.-Y., Zhao H.-Y., Ye Sh., Dong G.-X., Luan J.-Y., Wang C.-M. Endovascular treatment in cerebral artery tandem lesions. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2016;48(1):149-153. PMID: 26885926.

Surgical treatment of tandem stenosis of the internal carotid artery

Aleksandr D. Pryamikov^{1,2}, **Aleksey B. Mironkov**^{1,2}, **Aleksey I. Khripun**¹

¹Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

²Buyanov Moscow City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

Corresponding author. Aleksandr D. Pryamikov, pryamikov80@rambler.ru

This review article presents an analysis of the world literature devoted to treating patients with tandem stenosis of the intra- and extra-cranial parts of the internal carotid artery. We indicate the frequency of tandem lesion occurrence and describe the applied instrumental methods of its diagnosis. The review demonstrates the results of tandem stenosis surgical treatment in both early and more modern studies and describes the possibilities of endovascular correction of extra- and intra-cranial stenosis of the internal carotid artery. The authors emphasise the lack of large-scale studies — including randomised studies — regarding combined, tandem carotid stenosis and the need for further studies.

Keywords: carotid artery stenting; carotid endarterectomy; internal carotid artery; tandem carotid stenosis

Received 30 March 2021. Revised 8 May 2021. Accepted 11 May 2021.

Funding: The study did not have sponsorship.

Conflict of interest: The authors declare no conflicts of interests.

Contribution of the authors: The authors contributed equally to this article.

ORCID ID

A.D. Pryamikov, <https://orcid.org/0000-0002-4202-7549>

A.B. Mironkov, <https://orcid.org/0000-0003-0951-908X>

A.I. Khripun, <https://orcid.org/0000-0001-7669-0835>

Copyright: © 2021 Pryamikov et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

How to cite: Pryamikov A.D., Mironkov A.B., Khripun A.I. Surgical treatment of tandem stenosis of the internal carotid artery. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2021;25(3):20-26. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-3-20-26>