

# МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ СТЕНТИРОВАНИЯ УСТЬЕВЫХ СТЕНОЗОВ ПОЗВОНОЧНЫХ АРТЕРИЙ

Ю.В. ЧЕРЕДНИЧЕНКО<sup>1</sup>, А.Ю. МИРОШНИЧЕНКО<sup>1</sup>,  
Н.А. ЗОРИН<sup>2</sup>, Л.А. ДЗЯК<sup>2</sup>, А.С. ЦУРКАЛЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Днепропетровская областная клиническая больница имени И.И. Мечникова

<sup>2</sup> Днепропетровская медицинская академия

**\*Conflict of Interest Statement (We declare that we have no conflict of interest).**

\*Заява про конфлікт інтересів (Ми заявляємо, що у нас немає ніякого конфлікту інтересів).

\*Заявление о конфликте интересов (Мы заявляем, что у нас нет никакого конфликта интересов).

**\*No human/animal subjects policy requirements or funding disclosures.**

\*Жодний із об'єктів дослідження (людина/тварина) не підпадає під вимоги політики щодо розкриття інформації фінансування.

\*Ни один из объектов исследования не подпадает под политику раскрытия информации финансирования.

**\*Date of submission — 15.10.20**

\*Дата подачі рукопису — 15.10.20

\*Дата подачи рукописи — 15.10.20

**\*Date of acceptance — 11.11.20**

\*Дата ухвалення — 11.11.20

\*Дата одобрения к печати — 11.11.20

**Цель работы** – разработать методику эндоваскулярного лечения симптомных устьевых стенозов позвоночных артерий, направленную на минимизацию существующих рисков и предотвращение осложнений, связанных с отсроченной поломкой стента и рестенозом в стентированном сегменте позвоночной артерии.

**Материалы и методы.** В эндоваскулярном центре Днепропетровской областной клинической больницы имени И.И. Мечникова в период с 2016 по 2019 г. выполнены 104 операции стентирования симптомных устьевых стенозов позвоночных артерий у 99 пациентов в возрасте от 43 до 82 лет с использованием авторского комплексного метода, в основе которого лежит модифицированная нами якорная техника Szabo. Принципы метода разработаны на основании анализа литературы и стенозовых испытаний *in vitro* с использованием 7 силиконовых моделей начальных сегментов подключичных и позвоночных артерий с разным углом отхождения позвоночных артерий (30, 45, 60, 90, 120, 135, 150°) и 9 баллонорасширяемых элутинг-стентов с дизайном открытой ячейки Resolute (Medtronic).

**Результаты.** Не отмечены случаи смещения стента проксимально или дистально в ходе имплантации, затруднения с позиционированием стента, характерного при использовании «обычной» методики стентирования устьевых поражений позвоночных артерий. Во всех случаях стенты имплантированы в пораженном сегменте точно и не пролабировали более чем на 1 мм за пределы устья позвоночной артерии в подключичную артерию. Не выявлены «клинические» ишемические осложнения со стороны мозга в ранний послеоперационный период. В 5 наблюдениях зафиксированы единичные субклинические ишемические очаги в каротидных бассейнах при проведении односессионного стентирования устьевых поражений позвоночных артерий и каротидного стентирования. В вертебробазилярном бассейне

*ишемические очаги на магнитно-резонансных томограммах в ранний послеоперационный период не выявлены ни в одном случае.*

**Выводы.** Авторский комплексный метод стентирования на основе модифицированной нами якорной техники Szabo позволяет добиться оптимальных отдаленных результатов стентирования устьевых симптомных стенотических поражений позвоночных артерий.

**Ключевые слова:** стеноз; позвоночная артерия; стентирование; элютинг-стент; якорная методика; техника Szabo; ишемический инсульт.

Инсульт занимает четвертое место среди причин смертности в мире [1]. Среди ишемических инсультов 25 % происходят в вертебробазиллярном бассейне. Такая локализация патологического процесса связана с высокой частотой инвалидизации и смертности [2, 3]. Однако исследованию ишемического инсульта в вертебробазиллярном бассейне уделялось значительно меньше внимания, чем инсульту в каротидных бассейнах [4]. У 25 % пациентов с симптомами ишемии в вертебробазиллярном бассейне причиной являются стенозы устья позвоночной артерии [5, 6]. Актуальность проблемы обусловлена тем, что пациенты с симптоматическим стенозом позвоночной артерии имеют высокий риск повторного инсульта, достигающий максимума в течение первого месяца [4, 7]. Особенно велик риск у пациентов со степенью стеноза позвоночной артерии более 50 % [8]. Стеноз позвоночной артерии можно устранить стентированием, но данные о безопасности и эффективности метода остаются противоречивыми [7, 9].

С одной стороны, метод чрескожной транслюминальной ангиопластики со стентированием стеноза устья позвоночной артерии имеет высокий технический успех и низкую частоту перипроцедурных осложнений [10–13], с другой – сообщают о высокой частоте отсроченного рестеноза внутри стента (от 10 до 40 %) [10, 11, 14]. Другим распространенным отсроченным осложнением стентирования устья позвоночной артерии, согласно долгосрочным исследованиям, является поломка стента в позвоночной артерии, что также часто связано с рестенозом в стенте [5, 15–18].

---

*ЧЕРЕДНИЧЕНКО Юрий Витальевич*

*к. мед. н., врач-нейрохирург*

*КУ «Днепропетровская областная  
клиническая больница имени И. И. Мечникова»*

*Адрес: 49021, г. Днепр, ул. Краснопресненская, 61*

*Тел.: (050) 363-60-91*

*E-mail: yuritch@ua.fm*

*ORCID ID: 0000-0002-2683-8608*

Метаанализ, проведенный Zhili Wang и соавт. [9], показал, что пациенты с симптомным стенозом экстракраниального сегмента позвоночной артерии более 50 % могут получить пользу от стентирования с улучшенными отдаленными результатами по сравнению с медикаментозным лечением.

Однако рандомизированное исследование VIST хоть и продемонстрировало несколько меньшую частоту развития повторного инсульта или транзиторных ишемических атак в вертебробазиллярном бассейне в группе стентирования по сравнению с группой оптимального терапевтического лечения (best medical treatment), но разница в результатах не была статистически значимой [19]. Анализ данных трех рандомизированных контролируемых исследований, в которых сравнивали стентирование с медикаментозным лечением у 354 пациентов с симптомным стенозом позвоночных артерий, также не дал четкого ответа о преимуществе одной из стратегий (stenting vs best medical treatment). Относительно стентирования при экстракраниальном стенозе позвоночной артерии был сделан вывод, что оно может быть полезным, но необходимо провести более крупные исследования для определения эффекта лечения в этой подгруппе [20].

Таким образом, преимущества стентирования позвоночных артерий перед медикаментозным лечением четко не определены [21]. Но все эти исследования не были нацелены на анализ рисков отдаленных осложнений, таких как рестеноз внутри стента и поломка стента, хотя эти осложнения часто возникают и могут ухудшать результаты эндоваскулярных вмешательств по поводу стеноза позвоночных артерий, а также быть причиной недостижения первичных конечных точек во многих исследованиях.

Ретроспективный обзор, проведенный Man Kwun и соавт. (2018) [22], показал, что частота отсроченного рестеноза и риск поломки стента высоки при стентировании стеноза

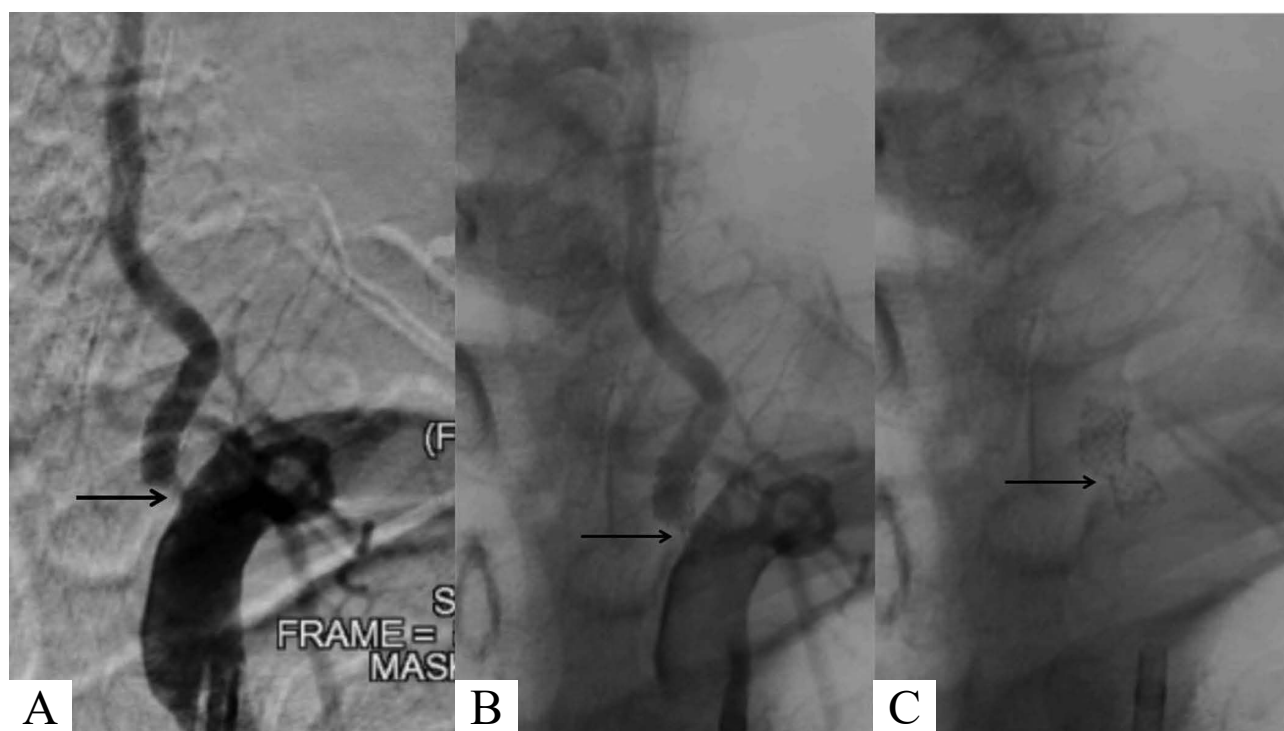
экстракраниальных сегментов позвоночных артерий. При этом риск поломки стента увеличивался с течением времени и варьировал от 4 до 25 % [18]. Частота возникновения рестеноза в стенте сильно различается (от 0 до 50 %) в разных исследованиях из-за неоднородности дизайна исследования, типа стента, времени наблюдения и метода оценки [23–27].

Использование стентов с лекарственным покрытием (DES), возможно, позволит уменьшить неоинтимальную гиперплазию и предотвратить рестеноз в стенте. Это предположение нашло подтверждение в большом количестве клинических серий [5, 13–16, 18, 21, 23, 28–30].

Другой важный фактор, который может быть причиной как рестеноза в стенте, так и поломки стента после стентирования устьевого части позвоночных артерий, – неточное расположение стента в устье позвоночной артерии: при избыточном пролабировании части стента проксимальнее устья стент со временем может деформироваться в устье по типу «песочных часов» [31, 32] (рис. 1). До-

стижение точной имплантации стента в устье позвоночной артерии может быть затруднительным: стент может несколько смещаться при имплантации спонтанно или во время акта дыхания [33]. В связи с этим необходимы специальные методы, позволяющие достичь контроля позиции стента и оптимального покрытия устья позвоночной артерии без риска проксимального или дистального смещения во время имплантации.

Для точной имплантации стента при стентировании устьевых поражений коронарных артерий S. Szabo и соавт. в 2005 г. предложили метод якорного стентирования с использованием двух проводников (таргетного и якорного) [34, 35]. Позднее эту технику начали использовать для стентирования устьевых стенозов некоронарных артерий, таких как почечные и внутренние грудные артерии [36, 37]. В 2013 г. F. Tang и соавт. опубликовали результаты своего опыта использования этой техники для стентирования устьевых стенозов позвоночных артерий с отличными отдаленными результатами [31].



**Рис. 1.** Ангиограмма левых позвоночной и подключичной артерий (прямая проекция): отсроченный (через 6 мес) рестеноз в устье позвоночной артерии: А) ангиограмма в режиме субтракции, черная стрелочка указывает на рестеноз в устье позвоночной артерии; В) ангиограмма без субтракции, черная стрелочка указывает на рестеноз в стенте, виден стент, деформированный в устье по типу «песочных часов», избыточное пролабирование стента проксимальнее устья; С) рентгеноскопический режим, виден стент, деформированный в устье по типу «песочных часов»

Однако некоторые операторы столкнулись с определенными техническими трудностями и осложнениями при использовании данной методики, связанными с перехлестом и спутыванием проводников, затруднениями с доставкой стента и его деформацией при острых углах отхождения артерий, смещением стента при извлечении якорного проводника [38, 39]. Приведенные данные использованы нами для модификации техники Szabo и разработки с использованием этой методики для стентирования устьевых стенозов магистральных артерий головы, в том числе позвоночных артерий. Эта методика используется нами в качестве основной техники для стентирования устьевых стенозов позвоночных артерий с 2016 г. [40].

При проведении подобного рода вмешательств необходимо учитывать еще один фактор, который может вызывать отсроченный перелом стента в области устья позвоночной артерии и, соответственно, рестеноз, – деформация позвоночной артерии в  $V_1$ -сегменте [17, 41]. В такой ситуации выпрямление извитой области с помощью стента приводит к конфликту между структурой стента и стенкой сосуда. Это вызывает хроническую нагрузку на стойки стента, что может привести к его перелому и спровоцировать гиперплазию интимы [13, 17, 42, 43].

Важно отметить, что деформация в  $V_1$ -сегменте позвоночной артерии может не быть очевидной, будучи динамической и появляясь при движениях и при глубоком дыхании [17, 41]. Поэтому более длинные стенты при стентировании устьевых стенозов позвоночных артерий больше склонны к переломам [15, 17]. Существуют разногласия относительно того, каков оптимальный тип дизайна стента для стентирования устьевых стенозов позвоночных артерий. Так, Т. Chakravarty и соавт. обнаружили, что перелом стента чаще встречается в более жестких стентах с закрытыми ячейками по сравнению с более гибкими стентами с открытыми ячейками. Стент с закрытыми ячейками вызывает повышенное выпрямление сосудов по сравнению со стентом с открытыми ячейками, создавая точки напряжения во время движения, которые со временем могут стать местом перелома стента [44]. F. Tang и соавт. провели тесты *in vitro*, которые показали большой риск деформаций проксимальных стоек в более гибких стентах

по сравнению с более жесткими стентами при использовании якорной техники Szabo [31]. Известно, что любое структурное нарушение приводит к ослаблению радиальной силы стента и недостаточному покрытию стенки сосуда, что может вызвать перелом стента и рестеноз в нем. Структурные нарушения отмечаются при превышении растягивающего усилия на стент более 100 г.

Таким образом, продолжается поиск оптимальной стратегии эндоваскулярного лечения пациентов с симптомными стенозами позвоночных артерий с учетом необходимости профилактики отсроченной поломки стента и рестеноза в стентированном сегменте позвоночной артерии.

**Цель работы** – разработать методику эндоваскулярного лечения симптомных устьевых стенозов позвоночных артерий, направленную на минимизацию существующих рисков и предотвращение осложнений, связанных с отсроченной поломкой стента и рестенозом в стентированном сегменте позвоночной артерии.

#### Материалы и методы

В эндоваскулярном центре Днепропетровской областной клинической больницы имени И.И. Мечникова в период с 2016 по 2019 г. выполнены 104 операции стентирования симптомных устьевых стенозов позвоночных артерий у 99 пациентов в возрасте от 43 до 82 лет с использованием авторского комплексного метода, в основе которого лежит модифицированная нами якорная техника Szabo.

В 71 случае наряду со стентированием устьевых стенозов позвоночных артерий проводили стентирование других магистральных артерий головы или сегментов позвоночной артерии: в 7 – стенозов в начальном сегменте подключичных артерий, в 49 – каротидных стентирования, в 5 – стентирований в  $V_4$ -сегменте позвоночной артерии.

Принципы метода разработаны на основании анализа литературы и стендовых испытаний *in vitro* с использованием 7 силиконовых моделей начальных сегментов подключичных и позвоночных артерий с разным углом отхождения позвоночных артерий (30, 45, 60, 90, 120, 135, 150°) и 9 баллон-раскрываемых элютинг-стентов с открытым дизайном ячейки Onyx Resolute (Medtronic).

«Классическая» техника Szabo выполняется следующим образом. Якорный extra-support проводник без гидрофильного полимерного покрытия 0,014 дюйма заводят в боковую ветвь, таргетный 0,014-дюймовый проводник – в целевую артерию с устьевым стенозом. Проксимальные ячейки стента приоткрывают посредством раздувания баллона стент-системы на давлении 3 атм после обнажения проксимального ряда ячеек стента из-под защитной оболочки на операционном столе. В одну из проксимальных ячеек проводят якорный проводник, проксимальный ряд ячеек обжимают на баллоне. Через канал для проводника баллон-катетера стент-системы заводят таргетный проводник. Затем стент заводят в артериальное русло, позиционируют в зону устьевого стеноза артерии, а якорный проводник удерживает стент от смещения в момент имплантации. После имплантации стента на относительно низком давлении (5–6 атм) якорный проводник извлекают из ячейки стента и проводят дилатацию баллона стент-системы на номинальном давлении.

Наша модификация дополнена следующими приемами:

1) для снижения вероятности перехлестывания проводников в проводниковом катетере необходимо по возможности избегать их вращения по оси в момент одновременного нахождения в катетере. Для этого вначале следует провести таргетный проводник за стенозированное устье в позвоночную артерию, а затем – якорный проводник, дистальный конец которого предварительно отмоделирован для наилучшего проведения его мимо устья артерии с устьевым стенозом, с исключением или минимизацией вращения по оси;

2) в случае перехлеста проводников, что выявляют при выведении кончика стент-системы на рентгеноскопии, проксимальная часть стента должна оставаться в проводниковом катетере, тогда как якорный проводник подтягивают до выведения его кончика из перекрута и вновь проводят дальше устья позвоночной артерии в подключичную артерию. Ошибочным является выведение всего стента на баллон-катетере за дистальный край проводникового катетера до выполнения этого приема, так как стенки катетера создают поддержку осевому движению проводника вперед. Вслед-

ствие этого ошибочного действия может возникнуть затруднение с проведением якорного проводника через ячейку стента с формированием петли проксимальнее ее. Попытка возвращения проксимальной части стента в проводниковый катетер может привести к зацеплению страт стента, слегка отогнутых проводником, деформации стента и стягиванию его с баллона, как выяснилось при проведении тестов *in vitro*.

Тесты *in vitro* также выявили, что при имплантации стента по технике Szabo в моделях, в которых угол отхождения «позвоночной артерии» составлял 30, 45 и 60°, мануальное дозирование осевого усилия было затруднено из-за искривления системы доставки в месте входа в позвоночную артерию: отмечен эффект пружины, когда система баллон–катетер–стент в ответ на продолжающееся поступательное движение на проксимальном конце накапливало энергию на дистальном конце в искривлении и затем совершало не до конца контролируемое по амплитуде движение в «позвоночную артерию». Проксимальные ячейки стентов в зоне проведения якорного проводника в моделях с углом отхождения «позвоночной артерии» 30 и 45° были несколько деформированы и растянуты, что снижает радиальную упругость стента в этом месте, и может быть предпосылкой для рестеноза в нем. При позиционировании и имплантации стентов в моделях с углом отхождения «позвоночной артерии» 90, 120, 135 и 150° мануальное дозирование осевого толкающего усилия на стент было очень четким. Структура стентов после имплантации не была нарушена. Во всех случаях стенты проксимальной частью выходили за устье не более чем на 1 мм.

Поскольку существуют два взаимозаменяемых эндоваскулярных доступа к области устья позвоночной артерии – бедренный и лучевой, любой острый угол отхождения позвоночной артерии можно «превратить» в тупой, лишь поменяв доступ. Это позволяет в любом случае получить максимальный контроль при позиционировании и имплантации стента в устьевое поражение позвоночной артерии с использованием якорной техники Szabo и избежать деформации стента и его стягивания с баллон-катетера.

Принцип выбора доступа (бедренного или лучевого), при котором угол между подклю-

чичной и позвоночной артериями по ходу проведения баллон-стент системы не был бы острым, был добавлен в наши правила имплантации стентов в устьевые стенозы позвоночных артерий (рис. 2 и 3). Кроме этого, за правило взято использование только элютинг-стентов и стентов с минимально необходимой длиной.

При выполнении стентирования в V<sub>4</sub>-сегменте позвоночной артерии, стентированной в устье с использованием данной методики, проведение катетера дистального доступа через стент в устье позвоночной артерии не представляло особой сложности, так как стент не пролабировал значимо в подключичную артерию. Но для лучшего «проскальзывания» в зоне стента катетер дистального доступа заводили на баллон-катетере, установленном и раздутым (на низком давлении) в катетере дистального доступа таким образом, что дистальная часть баллона формировала купол по дистальному краю катетера. Всю систему заводят на проводнике 0,014 дюйма в диаметре.

Контрольное обследование пациентов после стентирования позвоночной артерии в устье включало:

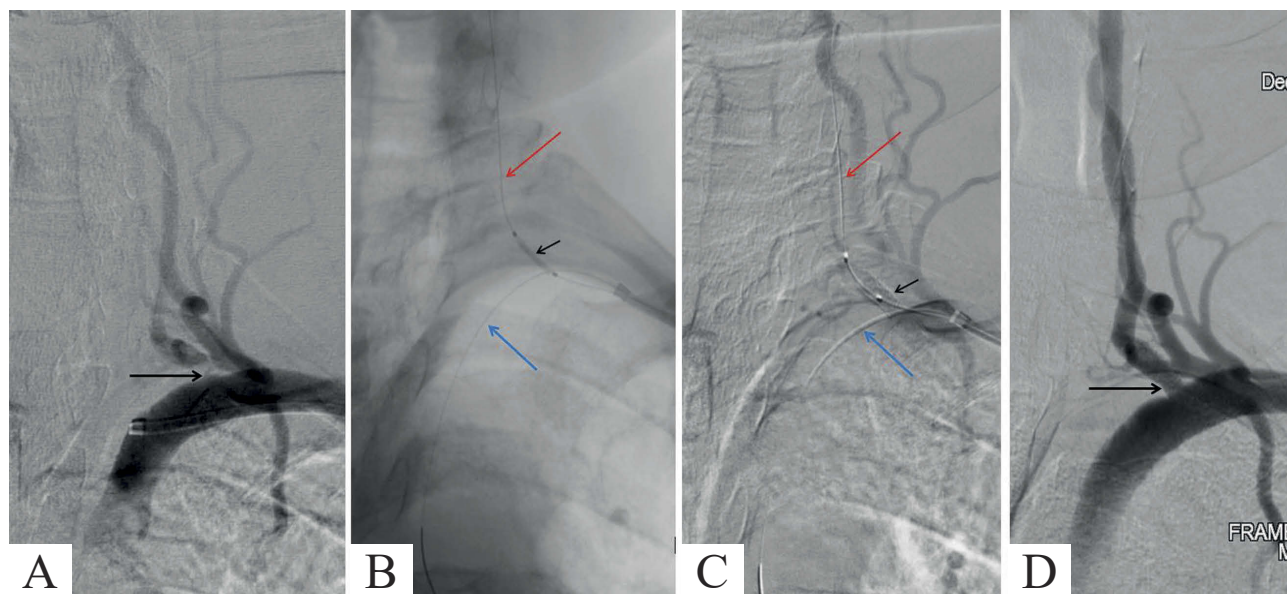
1) оценку неврологического статуса, проведение магнитно-резонансной томографии с режимами DWI и FLAIR для исключения субклинических «свежих» ишемических очагов в течение первых 3 сут;

2) оценку неврологического статуса при выписке, через 3 и 6 мес, 1 год и в случае ухудшения состояния пациента;

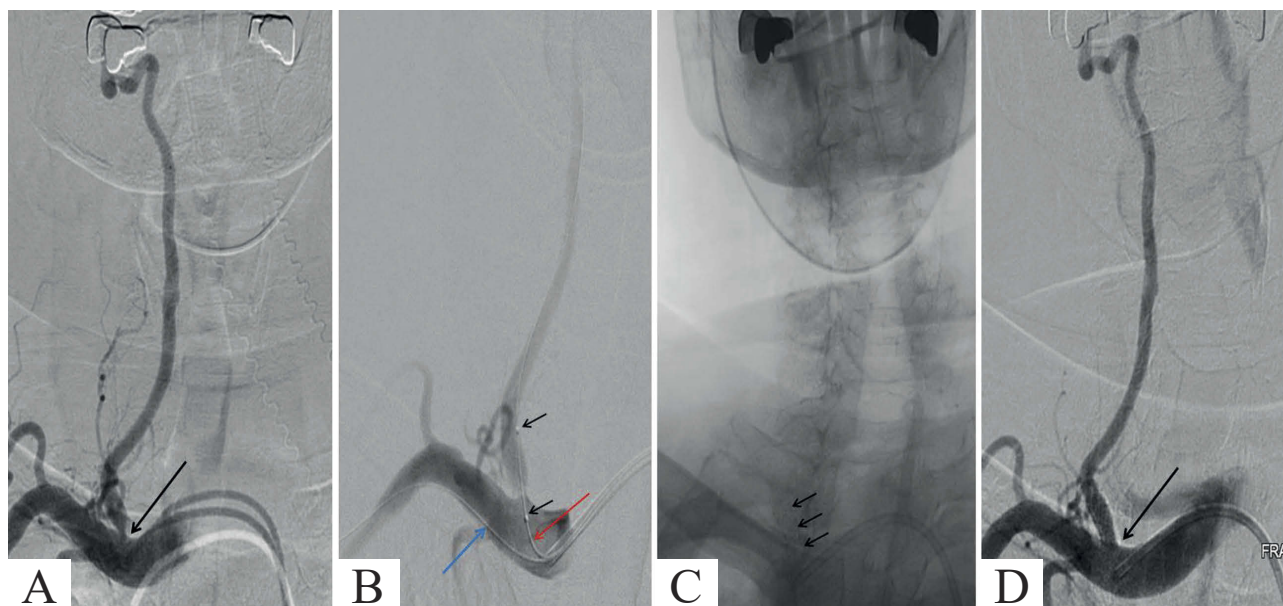
3) проведение компьютерной томографии с ангиографией, селективной дигитальной субтракционной ангиографией или ультразвуковым исследованием магистральных артерий головы через 6 и 12 мес после операции.

### Результаты

Не отмечено случаев смещения стента проксимально или дистально в ходе имплантации, затруднений с позиционированием стента, характерного при использовании «обычной» методики стентирования устьевых поражений позвоночных артерий. Во



**Рис. 2.** Ангиограммы из левой подключичной артерии интраоперационные (прямая проекция): А) субтотальный стеноз в устье левой позвоночной артерии (указывает черная длинная стрелка), угол отхождения позвоночной артерии по отношению к проксимальному сегменту подключичной артерии острый, по отношению к дистальному от устья сегменту – тупой; В) для стентирования выбран лучевой доступ, при котором угол проведения стент-системы в позвоночную артерию тупой, синяя стрелка указывает на якорный проводник в подключичной артерии, проведенный через проксимальную ячейку стента, красная стрелка указывает на таргетный проводник, черная маленькая стрелка указывает на стент, спозиционированный в устьевом сегменте позвоночной артерии по модифицированной якорной методике Szabo technique; С) стент имплантирован в устьевой сегмент позвоночной артерии по модифицированной якорной методике Szabo technique; D) стеноз в устье позвоночной артерии устранен, стент не пролабирует проксимально за устье



**Рис. 3.** Ангиограммы из правой подключичной артерии интраоперационные (прямая проекция): А) грубый стеноз в устье левой позвоночной артерии (указывает черная длинная стрелка), угол отхождения позвоночной артерии по отношению к проксимальному сегменту подключичной артерии тупой, по отношению к дистальному от устья сегменту – острый; В) для стентирования выбран бедренный доступ, при котором угол проведения стент-системы в позвоночную артерию тупой, синяя стрелка указывает на якорный проводник в подключичной артерии, красная стрелка указывает на целевой проводник, черные маленькие стрелки указывают на метки баллона, использованного для преддилатации стеноза; С) стент имплантирован в устьевой сегмент позвоночной артерии по модифицированной якорной методике Szabo technique, черные маленькие стрелки указывают на структуру имплантированного стента; D) стеноз в устье позвоночной артерии устранен, стент не пролабирует проксимально за устье

всех случаях стенты имплантированы в пораженном сегменте точно и не пролабирвали более чем на 1 мм за пределы устья позвоночной артерии в подключичную артерию. Не выявлены «клинические» ишемические осложнения со стороны мозга в ранний послеоперационный период. В 5 наблюдениях зафиксированы единичные субклинические ишемические очаги в каротидных бассейнах при проведении односессионного стентирования устьевых поражений позвоночных артерий и каротидного стентирования. В вертебробазиллярном бассейне ишемические очаги на магнитно-резонансных томограммах в ранний послеоперационный период не выявлены ни в одном случае.

Все наблюдения единичных субклинических ишемических очагов имели место при использовании дистальных противоэмболических защитных устройств во время каротидного стентирования и не было ни одного случая наличия таких очагов при применении проксимальной противоэмболической защиты или сочетания методик проксималь-

ной и дистальной противоэмболической защиты. Явления умеренного гиперперфузионного синдрома в ранний послеоперационный период отмечены в 8 наблюдениях, однако быстро регрессировали. При наблюдении за пациентами в течение года после стентирования повторные ишемические события в вертебробазиллярном бассейне были зафиксированы лишь в 5 случаях. Во всех случаях имел место значимый стеноз в  $V_4$ -сегменте ипсилатеральной позвоночной артерии. В 4 из этих наблюдений в последующем была выполнена операция стентирования в  $V_4$ -сегменте позвоночной артерии с хорошим клиническим результатом. Не зафиксировано ни одного наблюдения, в котором результаты контрольного ангиографического или ультразвукового исследования указывали бы на рестеноз или окклюзию в стенте в устье позвоночной артерии.

### Обсуждение

Полученные результаты демонстрируют, что использование стентов с лекарственным

покрытием дает возможность снизить частоту отсроченных рестенозов внутри стентов – одного из наиболее частых осложнений чрескожной транслюминальной ангиопластики со стентированием стеноза устья позвоночной артерии. Кроме того, разработанная методика точной имплантации стента в устье позвоночной артерии, показала высокую эффективность и безопасность. Использование бедренного или лучевого доступа к области устья позвоночной артерии, в зависимости от анатомических особенностей, позволяет любой острый угол отхождения позвоночной артерии «превратить» в тупой, лишь поменяв доступ, и в любом случае получить максимальный контроль при позиционировании и имплантации стента в устьевое поражение позвоночной артерии с использованием якорной техники Szabo, и избежать деформации стента и его стягивания с баллон-катетера. При этом был достигнут точный контроль позиции стента и оптимальное покрытие устья позвоночной ар-

терии без риска проксимального или дистального смещения во время имплантации.

Как показало проведенное исследование, четкое позиционирование стента позволило предотвратить отсроченные переломы стентов. Безусловно, необходимы более крупные исследования, которые позволят показать преимущества стентирования позвоночных артерий с использованием модифицированной якорной техники Szabo перед медикаментозным лечением. Однако более широкое внедрение разработанной методики в клиническую медицину представляется перспективным.

### Выводы

Авторский комплексный метод стентирования на основе модифицированной нами якорной техники Szabo позволяет добиться оптимальных отдаленных результатов стентирования устьевых симптомных стенотических поражений позвоночных артерий.

### References

1. Caplan L, Chung CS, Wityk R et al. New England medical center posterior circulation stroke registry: I. Methods, data base, distribution of brain lesions, stroke mechanisms, and outcomes. *J Clin Neurol.* 2005 Apr;1(1):14-30. PMID: PMC2854928 PMID: 20396469 doi: 10.3988/jcn.2005.1.1.14
2. Pirau L, Lui F. Vertebrobasilar insufficiency. [Updated 2020 Jul 21]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482259/>
3. Amin-Hanjani S, Pandey DK, Rose-Finnell L et al. Effect of hemodynamics on stroke risk in symptomatic atherosclerotic vertebrobasilar occlusive disease. *JAMA Neurol.* 2016 Feb 1. 73 (2):178-85. PMID: 26720181 PMID: PMC5274634 DOI: 10.1001/jamaneurol.2015.3772
4. Gulli G, Marquardt L, Rothwell P, Sci F, Markus H. Stroke risk after posterior circulation stroke/transient ischemic attack and its relationship to site of vertebrobasilar stenosis. *Stroke.* 2013;44(3):598-604. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.669929>.
5. Teraa M, Moll FL, van der Worp BH, Lo RT, de Borst GJ. Symptomatic vertebral artery stent fracture: a case report. *J Vasc Interv Radiol.* 2010 Nov;21(11):1751-4. PMID: 20884238 doi: 10.1016/j.jvir.2010.07.007.
6. Dabus G, Gerstle RJ, Derdeyn CP, Cross DT 3rd, Moran CJ. Endovascular treatment of the vertebral artery origin in patients with symptoms of vertebrobasilar ischemia. *Neuroradiology.* 2006 Dec;48(12):917-23. PMID: 17086409. doi: 10.1007/s00234-006-0151-7.
7. Gulli G, Khan S, Markus HS. Vertebrobasilar stenosis predicts high early recurrent stroke risk in posterior circulation stroke and TIA. *Stroke.* 2009; 40:2732-7. PMID: 19478210 DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.553859
8. Kim YJ, Lee JH, Choi JW et al. Long-term outcome of vertebral artery origin stenosis in patients with acute ischemic stroke. *BMC Neurol.* 2013;13:171. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-13-171>
9. Wang Z, Lee AM, Bai HX, Tang H, Yang L. Stenting of symptomatic extracranial vertebral artery stenosis: Is further testing indicated? *Int J Stroke.* 2016 Feb;11(2):NP22-4. doi: 10.1177/1747493015616640. PMID: 26783319.
10. Taylor RA, Siddiq F, Memon MZ et al. Vertebral artery ostial stent placement for atherosclerotic stenosis in 72 consecutive patients: clinical outcomes and follow-up results. *Neuroradiology.* 2009 Aug;51(8):531-9. PMID: 19437002. doi: 10.1007/s00234-009-0531-x.
11. Eberhardt O, Naegel T, Raygrotzki S, Weller M, Ernemann U. Stenting of vertebrobasilar arteries in symptomatic atherosclerotic disease and acute occlusion: case series and review of the literature. *J Vasc Surg.* 2006 Jun;43(6):1145-54. PMID: 16765230. doi: 10.1016/j.jvs.2006.02.027.
12. Edgell RC, Yavagal DR, Drazin D, Olivera R, Boulos AS. Treatment of vertebral artery origin stenosis with anti-proliferative drug-eluting stents. *J Neuroimaging.* 2010 Apr;20(2):175-9. PMID: 19040627. doi: 10.1111/j.1552-6569.2008.00330.x.
13. Stayman AN, Nogueira RG, Gupta R. A systematic review of stenting and angioplasty of symptomatic extracranial vertebral artery stenosis. *Stroke.* 2011



- Aug;42(8):2212-6. PMID: 21700936. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.611459.
14. Albuquerque FC, Fiorella D, Han P, Spetzler RF, McDougall CG. A reappraisal of angioplasty and stenting for the treatment of vertebral origin stenosis. *Neurosurgery*. 2003 Sep;53(3):607-14; discussion 614-6. PMID: 12943577. doi: 10.1227/01.neu.0000079494.87390.28.
  15. Tsutsumi M, Kazekawa K, Onizuka M et al. Stent fracture in revascularization for symptomatic ostial vertebral artery stenosis. *Neuroradiology*. 2007 Mar;49(3):253-7. PMID: 17151868. doi: 10.1007/s00234-006-0185-x.
  16. Baik MW, Yoo SH, Park IS, Kim SD, Kim MC. Stent fracture and restenosis after placement of a drug-eluting device in the vertebral artery origin and treatment with the stent-in-stent technique. Report of two cases. *J Neurosurg*. 2007 May;106(5):907-11. PMID: 17542539. doi: 10.3171/jns.2007.106.5.907.
  17. Tang X, Tang F, Hu C et al. Dynamic respiratory tortuosity of the vertebral artery ostium. *J Endovasc Ther*. 2017 Feb;24(1):124-9. PMID: 27831484. doi: 10.1177/1526602816676254.
  18. Lu J, Liu J, Wang D, Wang S. Stent fracture and occlusion after treatment of symptomatic vertebral artery ostium stenosis with a self-expanding device. A case report. *Interv Neuroradiol*. 2014 Dec;20(6):755-60. doi: 10.15274/INR-2014-10068. Epub 2014 Dec 5. Erratum in: *Interv Neuroradiol*. 2015 Feb;21(1):137-8. PMID: 25496687; PMCID: PMC4295249.
  19. Markus HS, Larsson SC, Kuker W, Schulz UG, Ford I, Rothwell PM, Clifton A; VIST Investigators. Stenting for symptomatic vertebral artery stenosis: The Vertebral Artery Ischaemia Stenting Trial. *Neurology*. 2017 Sep 19;89(12):1229-1236. PMID: 28835400; PMCID: PMC5606920. doi: 10.1212/WNL.0000000000004385.
  20. Markus H, Harshfield E, Compter A et al. Stenting for symptomatic vertebral artery stenosis: a pre-planned pooled individual patient data analysis. *The Lancet. Neurology*. 2019;18(7):666-73. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(19\)30149-8](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(19)30149-8)
  21. Sun X, Ma N, Wang B et al. The long term results of vertebral artery ostium stenting in a single center. *J Neurointerv Surg*. 2015 Dec;7(12):888-91. PMID: 25332411. doi: 10.1136/neurintsurg-2014-011356.
  22. Li MKA, Tsang AC, Tsang FC, et al. Long-term risk of in-stent restenosis and stent fracture for extracranial vertebral artery stenting. *Clin Neuroradiol*. 2019;29:701-6. <https://doi.org/10.1007/s00062-018-0708-y>
  23. Taylor RA, Siddiq F, Suri MF et al. Risk factors for in-stent restenosis after vertebral ostium stenting. *J Endovasc Ther*. 2008 Apr;15(2):203-12. PMID: 18426264. doi: 10.1583/07-2175.1.
  24. Song L, Li J, Gu Y et al. Drug-eluting vs. bare metal stents for symptomatic vertebral artery stenosis. *J Endovasc Ther*. 2012 Apr;19(2):231-8. PMID: 22545889. doi: 10.1583/11-3718.1.
  25. Tank VH, Ghosh R, Gupta V et al. Drug eluting stents versus bare metal stents for the treatment of extracranial vertebral artery disease: a meta-analysis. *J Neurointerv Surg*. 2016 Aug;8(8):770-4. PMID: 26180094. doi: 10.1136/neurintsurg-2015-011697.
  26. Langwieser N, Buyer D, Schuster T et al. Bare metal vs. drug-eluting stents for extracranial vertebral artery disease: a meta-analysis of nonrandomized comparative studies. *J Endovasc Ther*. 2014 Oct;21(5):683-92. PMID: 25290797. doi: 10.1583/14-4713MR.1.
  27. Jiang Y, Xu X, Wen Z et al. In-stent restenosis after vertebral artery stenting. *Int J Cardiol*. 2015;187:430-3. PMID: 25841142. doi: 10.1016/j.ijcard.2015.03.377.
  28. Hatano T, Tsukahara T, Miyakoshi A et al. Stent placement for atherosclerotic stenosis of the vertebral artery ostium: angiographic and clinical outcomes in 117 consecutive patients. *Neurosurgery*. 2011 Jan;68(1):108-16; discussion 116. PMID: 21099720. doi: 10.1227/NEU.0b013e3181fc62aa.
  29. Weber W, Mayer TE, Henkes H et al. Efficacy of stent angioplasty for symptomatic stenoses of the proximal vertebral artery. *Eur J Radiol*. 2005 Nov;56(2):240-7. PMID: 15961267. doi: 10.1016/j.ejrad.2005.05.009.
  30. Ogilvy CS, Yang X, Natarajan SK et al. Restenosis rates following vertebral artery origin stenting: does stent type make a difference? *J Invasive Cardiol*. 2010 Mar;22(3):119-24. PMID: 20197579.
  31. Tang F, Wang Q, Hu C, Li P, Li L. Use of the Szabo technique to guide accurate stent placement at the vertebral artery ostium. *J Endovasc Ther*. 2013 Aug;20(4):554-60. PMID: 23914867. doi: 10.1583/13-4298.1.
  32. Jokhi P, Curzen N. Percutaneous coronary intervention of ostial lesions. *EuroIntervention*. 2009 Sep;5(4):511-4. PMID: 19755342. doi: 10.4244/eijv5i4a81.
  33. Sakurai R, Ako J, Morino Y, Sonoda S, Kaneda H, Terashima M, Hassan AH, Leon MB, Moses JW, Popma JJ, Bonneau HN, Yock PG, Fitzgerald PJ, Honda Y; SIRIUS Trial Investigators. Predictors of edge stenosis following sirolimus-eluting stent deployment (a quantitative intravascular ultrasound analysis from the SIRIUS trial). *Am J Cardiol*. 2005 Nov 1;96(9):1251-3. PMID: 16253592. doi: 10.1016/j.amjcard.2005.06.066.
  34. Szabo S, Abramowitz B, Vaitkus PT. New technique for aorto-ostial stent placement. *Am J Cardiol*. 2005;96:212H. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.09.057>
  35. Kern MJ, Ouellette D, Frianeza T. A new technique to anchor stents for exact placement in ostial stenoses: the stent tail wire or Szabo technique. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2006 Dec;68(6):901-6. PMID: 17086534. doi: 10.1002/ccd.20613.
  36. Applegate RJ, Davis JM, Leonard JC. Treatment of ostial lesions using the Szabo technique: a case series. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2008 Nov 15;72(6):823-8. PMID: 18798240. doi: 10.1002/ccd.21723.

37. Salazar M, Kern MJ, Patel PM. Exact deployment of stents in ostial renal artery stenosis using the stent tail wire or Szabo technique. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2009 Nov 15;74(6):946-50. PMID: 19496146. doi: 10.1002/ccd.22116.
38. Jain RK, Padmanabhan TN, Chitnis N. Causes of failure with Szabo technique – an analysis of nine cases. *Indian Heart J.* 2013 May-Jun;65(3):264-8. PMID: 23809379; PMCID: PMC3861314. doi: 10.1016/j.ihj.2013.04.023.
39. Ferrer-Gracia MC, Sánchez-Rubio J, Calvo-Cebolero I. Stent dislodgement during Szabo technique. *Int J Cardiol.* 2011 Feb 17;147(1):e8-9. PMID: 19203809. doi: 10.1016/j.ijcard.2008.12.215.
40. Cherednichenko YuV. Opyt primeneniya modifirovannoj ankernoj tehniki stentirovaniya uestvyh porazhenij arterij golovy i shei. *Endovaskulyarnaya nejroradiologiya.* 2017;2:30-40. <https://doi.org/10.1583/13-4298.1>. (in Russian)
41. Sakaguchi M, Kitagawa K, Hougaku H et al. Mechanical compression of the extracranial vertebral artery during neck rotation. *Neurology.* 2003 Sep 23;61(6):845-7. PMID: 14504337. doi: 10.1212/01.wnl.0000078081.12097.ae.
42. Vajda Z, Miloslavski E, Güthe T et al. Treatment of stenoses of vertebral artery origin using short drug-eluting coronary stents: improved follow-up results. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009 Oct;30(9):1653-6. PMID: 19729536. PMCID: PMC7051514. doi: 10.3174/ajnr.A1715.
43. Lin YH, Liu YC, Tseng WY et al. The impact of lesion length on angiographic restenosis after vertebral artery origin stenting. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2006 Oct;32(4):379-85. PMID: 16682238. doi: 10.1016/j.ejvs.2006.02.016.
44. Chakravarty T, White AJ, Buch M et al. Meta-analysis of incidence, clinical characteristics and implications of stent fracture. *Am J Cardiol.* 2010 Oct 15;106(8):1075-80. doi: 10.1016/j.amjcard.2010.06.010.

## МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ СТЕНТУВАННЯ ГИРЛОВИХ СТЕНОЗІВ ХРЕБТОВИХ АРТЕРІЙ

Ю.В. ЧЕРЕДНИЧЕНКО<sup>1</sup>, А.Ю. МІРОШНИЧЕНКО<sup>1</sup>, М.О. ЗОРІН<sup>2</sup>, Л.А. ДЗЯК<sup>2</sup>, О.С. ЦУРКАЛЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Дніпропетровська обласна клінічна лікарня імені І.І. Мечникова

<sup>2</sup> Дніпропетровська медична академія

**Мета роботи** – розробити методику ендоваскулярного лікування симптомних гирлових стенозов хребтових артерій, спрямовану на мінімізацію існуючих ризиків та профілактику ускладнень, пов'язаних з відстрошеною полумкою стента і рестенозом у стенті.

**Матеріали та методи.** В ендоваскулярному центрі Дніпропетровської обласної клінічної лікарні імені І.І. Мечникова в період з 2016 до 2019 р. виконано 104 операції стентування симптомних гирлових стенозів хребтових артерій у 99 пацієнтів віком від 43 до 82 років з використанням авторського комплексного методу, в основі якого лежить модифікована нами якірна техніка Szabo. Принципи методу розроблено на підставі аналізу літератури та стенозових випробувань *in vitro* з використанням 7 силіконових моделей початкових сегментів підключичних і хребтових артерій з різним кутом відходження хребтових артерій (30, 45, 60, 90, 120, 135, 150°) і 9 балоноросширювальних елютинг-стентів з дизайном відкритої комірки Resolute (Medtronic).

**Результати.** Не відзначено випадки зсуву стента проксимально або дистально під час імплантації, труднощів із позиціонуванням стента, характерного при використанні «звичайної» методики стентування гирлових стенозів хребтових артерій. У всіх випадках стенти імплантовано в ураженому сегменті точно і не пролабували більше ніж на 1 мм за межі гирла хребтової артерії в підключичну артерію. Не виявлено «клінічних» ішемічних ускладнень з боку мозку в ранній післяопераційний період. У 5 спостереженнях зафіксовано поодинокі субклінічні ішемічні вогнища в каротидних басейнах при проведенні односесійного стентування гирлових стенозів хребтових артерій і каротидного стентування. У вертебробазиллярному басейні ішемічні вогнища на магнітно-резонансних томограмах в ранній післяопераційний період не виявлено в жодному випадку.

**Висновки.** Авторський комплексний метод стентування на основі модифікованої нами якірної техніки Szabo є безпечним та дає змогу досягти оптимальних віддалених результатів стентування гирлових симптомних стенозів хребтових артерій.

**Ключові слова:** стеноз; хребтова артерія; стентування; елютинг-стент; якірна методика; техніка Szabo; ішемічний інсульт.

## OPTIMIZATION TECHNIQUE FOR STENTING OF OSTIAL VERTEBRAL ARTERY STENOSIS

Yu.V. CHEREDNYCHENKO<sup>1</sup>, A.Yu. MIROSHNYCHENKO<sup>1</sup>, M.O. ZORIN<sup>2</sup>, L.A. DZYAK<sup>2</sup>, O.S. TSURKALENKO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dnipropetrovsk Regional Clinical Hospital named after I.I. Mechnikov

<sup>2</sup> Dnipropetrovsk Medical Academy

**Objective** – to develop a technique for endovascular treatment of symptomatic ostial stenosis of the vertebral arteries, which allows to minimize risks of delayed stent breakage and restenosis.

**Materials and methods.** This is analysis of prospectively collected data from patients presenting from 2016 to 2019 in the endovascular center of the Dnepropetrovsk Regional Clinical Hospital named after I.I. Mechnikov. One hundred four stents were placed in 99 patients using the author's complex method, which is based on our modification of Szabo technique. The principles of the method were developed based on a literature review and in vitro tests using 7 silicone models of the initial segments of the subclavian and vertebral arteries with different angles of divergence of the vertebral arteries (30, 45, 60, 90, 120, 135, 150°) and 9 balloon mounted drug-eluting stents with open-cell design Resolute (Medtronic).

**Results.** There were no cases of displacement of the stent proximally or distally during implantation. In all cases, stents were implanted in the affected segment exactly and did not prolapse more than 1 mm beyond the ostium of the vertebral artery into the subclavian artery. There were no «clinical» ischemic complications in the early postoperative period. In 5 cases, isolated subclinical ischemic lesions in the carotid circulation were revealed during one-session stenting of ostial stenosis of the vertebral arteries and carotid stenting. In the posterior circulation, ischemic lesions on MRI in the early postoperative period were not detected in any observations.

**Conclusions.** Developed complex stenting method based on our modification of Szabo technique allows us to achieve optimal long-term results of stenting of symptomatic ostial stenosis of the vertebral arteries.

**Key words:** stenosis; vertebral artery; stenting; eluting stent; anchoring technique; Szabo technique; ischemic stroke.