

ХИРУРГИЯSURGERY**ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИИ ШУНТИРОВАНИЯ  
В ТРЕТИЙ (V3) СЕГМЕНТ ПОЗВОНОЧНОЙ АРТЕРИИ****ВАЧЁВ А.Н., ДМИТРИЕВ О.В.**

*Клиника и кафедра факультетской хирургии Самарского государственного медицинского университета, Самара, Россия*

*Представлена подробная пошаговая технология выполнения операции шунтирования в V3 сегмент позвоночной артерии у пациентов с клиникой вертебрально-базиллярной недостаточности (ВБН). Приведены результаты операций 57 больных с клиникой ВБН, из которых 5 проведено артериальное шунтирование, 52 – аутовенозное шунтирование. В раннем послеоперационном периоде у 1 пациента развился тромбоз шунта, он погиб. У остальных шунты проходимы. К 3 году наблюдения у 4 (80%) пациентов с артериальным шунтом наступил тромбоз шунта, с аутовенозным шунтом – только у 1 (1,7%). Общая длительность наблюдения за больными после операции составила 10 лет.*

*Продолжительное купирование клиники ВБН достигнуто у 88,7% пациентов через 3 года и у 78,3% – через 7 лет. При этом проходимость аутовенозного шунта сохранялась через 3 года у 98,1% больных, а через 7 лет – у 96,2%.*

**Ключевые слова:** *позвоночная артерия, третий (V3) сегмент, вертебрально-базиллярная недостаточность, реконструктивная операция, шунтирование, техника операции, дистальная позвоночная артерия.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Впервые о возможности выполнения шунтирования дистальной части позвоночной артерии (ПА) при ее окклюзии в проксимальном отделе сообщили Carney A., et al. (1977) [1]. Авторами выполнено аутовенозное шунтирование из общей сонной артерии (ОСА) в V3 сегмент ПА на уровне первого–второго (С1–С2) шейных позвонков [1–3]. Отмечено, что одним из препятствий для проведения этой операции является передняя ветвь корешка С2 (спинномозгового нерва), перекидывающаяся через ПА. В последующем многие авторы указывали на необходимость пересечения данной ветви для адекватной мобилизации ПА на этом уровне [2, 3].

В 1977 г. Gorkill G., et al. [4] предложили выполнять транспозицию наружной сонной артерии (НСА) в V3 сегмент ПА. В 1978 г. Gamey A., et al. [5] сообщили о возможности шунтирования окклюзированной в устье внутренней сонной артерии (ВСА) в ПА на уровне С1–С2 позвонков. В 1981 г. Besson G., et al. [6] опубликовали два наблюдения с различными вариантами наружно-сонно-дистально-позвоночного аутовенозного шунтирования, а Carney A. (1981) [7] описал вариант использования петли ПА на уровне С1–С2 для анастомоза с ветвью НСА (затылочно-дистально-позвоночный анастомоз). Однако все эти наблюдения были единичными.

В 1980-х гг. появилось достаточно большое количество публикаций о шунтирующих вмешательствах

в V3 сегмент ПА [8–17]. К середине 1990-х гг. разными авторами описаны не только факты выполнения подобных операций, но и приведены отдаленные результаты [10–15].

Так, в 1998 г. Berguer R., Morasch M.D., Kline R.A. [16] проанализировали отдаленные результаты лечения 98 больных, которым проведены реконструкции V3 сегмента ПА за 14 лет. Функционирование анастомозов через 5 и 10 лет составило соответственно  $75\pm 6\%$  и  $70\pm 7\%$ .

На сегодня самым большим исследованием является работа Kieffer E., Praquin B., Chiche L., et al. (2002) [17]. Авторы опубликовали результаты 352 реконструкций V3 сегмента ПА (323 пациента). После операций симптомов вертебро-базиллярной недостаточности (ВБН) через 5 и 10 лет не было обнаружено соответственно у  $94,0\pm 3,5\%$  и  $92,8\pm 3,8\%$  пациентов. Функционирование анастомоза констатировано у  $89,3\pm 3,6\%$  пациентов через 5 лет и у  $88,1\pm 4,0\%$  через 10 лет наблюдения.

В нашей стране сообщения о реконструкциях V3 сегмента ПА носят единичный характер. На базе Новокузнецкой нейрохирургической клиники проведены 11 успешных реконструкций V3 сегмента ПА [18], в ННПЦССХ им. А.Н. Бакулева за 12 лет – 21. Функционирование анастомоза отмечалось в раннем послеоперационном периоде у 80% больных, в позднем – у 62%. В ФГУ «3-й ЦВКГ им. А.А. Вишневского МО РФ» выполнены 12 операций



Рис. 1. Линия разреза кожи для доступа к V3 сегменту ПА.



Рис. 2. Особенности передне-бокового доступа к V3 сегменту ПА.

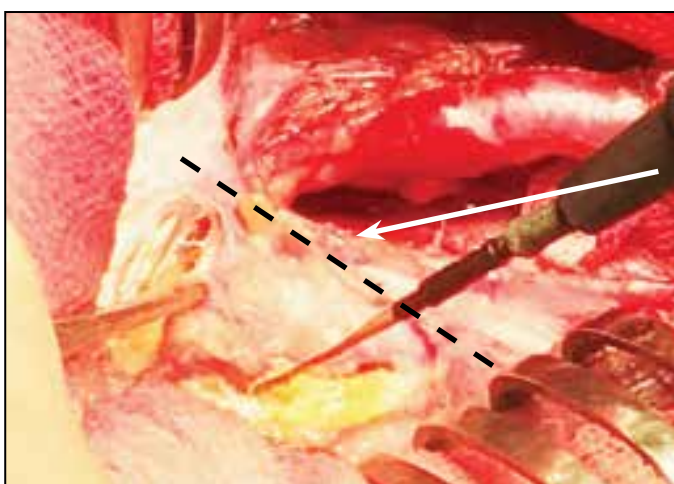


Рис. 3. Особенности передне-бокового доступа к V3 сегменту ПА (стрелкой обозначена проекция XI пары черепно-мозговых нервов (n. accessorii)).

по шунтированию V3 сегмента ПА. В раннем послеоперационном периоде отмечено клиническое улучшение у всех пациентов [19].

Таким образом, в конце XX и начале XXI в. в хирургии V3 сегмента ПА накоплен определенный опыт операций дистальных реконструкций ПА [15–17]. Большинству больных проводили аутовенозное шунтирование из ОСА, НСА [16, 17] или прямую транспозицию дистальной порции ПА в ВСА [15], реже – транспозицию ветвей НСА в дистальный сегмент ПА [16].

Однако детального описания технологии выполнения операции шунтирования V3 сегмента ПА в доступной авторам литературе найти не удалось.

В данной работе представлено детальное описание технологии выполнения операции шунтирования V3 сегмента ПА.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Показанием к выполнению реконструкции V3 сегмента ПА служит прежде всего неэффективное медикаментозное лечение больных с установленной клиникой ВБН у неврологов в течение более 12 месяцев. Это положение представляется принципиальным: ни одному больному без доказанной клиники ВБН подобную операцию не проводили. Анатомические поражения при этом могут быть различными. К ним относили: 1) стеноз или окклюзию V1 и V2 сегментов ПА при незамкнутости задних отделов виллизиева круга; 2) экстравазальную компрессию V2 сегмента ПА при незамкнутости задних отделов виллизиева круга; 3) диссекцию ПА с риском дистальной эмболии, артериальную (истинную или ложную) аневризму и артериовенозную мальформацию V2 сегмента ПА; 4) предшествующую открытую операцию на V1 сегменте ПА или сонно-подключичный анастомоз; 5) перелом стента или выраженный рестеноз (при невозможности повторного стентирования) после стентирования V1 сегмента ПА.

Все операции по реконструкции V3 сегмента ПА проводят под эндотрахеальным наркозом. Положение пациента на столе горизонтальное, под плечи и затылок укладывают валик, голова отвернута в сторону, противоположную операции. Обработка операционного поля – от верхнего края ушной раковины, за ушной раковиной до яремной вырезки. Перед обработкой в слуховой проход помещают сухой марлевый шарик для предотвращения попадания туда дезинфицирующего раствора и профилактики острого отита.

Операцию проводят с применением операционной оптики с увеличением в 2,5–3,5 раза и с налобным осветителем. Доступ производят

по внутреннему краю кивательной мышцы от сосцевидного отростка до нижнего края перстневидного хряща (рис. 1).

Рассекают кожу, подкожную клетчатку, платизму. Выделяют острым путем и монополярным электрокоагулятором бифуркацию сонной артерии и ее ветвей. У больных гиперстенического телосложения для удобства частично или полностью пересекают сухожильную часть кивательной мышцы у сосцевидного отростка (рис. 2).

Далее выделяем бифуркацию сонной артерии и электроножом частично отсекаем лимфоидную фасцию. Фасцию отпрепаровывают от угла нижней челюсти в виде треугольника, основанием обращенного к XI паре черепно-мозговых нервов (n. accessorius). Фасцию отводят, закрывая и защищая XI пару (рис. 3, 4).

Пересекая фасции шеи и предпозвоночные мышцы, выделяют вертикальную часть V3 сегмента ПА в промежутке между поперечными отростками C1–C2 позвонков. В данном промежутке размером 1,5–2,5 см ПА максимально свободна и удобна для формирования анастомоза.

На данном отрезке ПА имеет три анатомические особенности:

1. Через нее перекидывается корешок C2 – спинномозговой нерв.

2. От нее отходят крупные мышечные ветви.

3. Артерия окутана со всех сторон выраженным венозным сплетением, кровотечение из которого при повреждении бывает значительным и трудноостанавливаемым. На данном этапе необходимо использовать биполярную коагуляцию и электроотсос с изогнутой под анатомические параметры раны насадкой. Авторы применяют изогнутую тупую иглу Дюфо (рис. 5).

При мобильности корешка C2 и достаточной длине петли его можно не пересекать, а отвести вниз к C2 позвонку. Если корешок маломобилен и мешает выделять ПА, его пересекают, инфильтрируя раствором лидокаина. Значимых неврологических проблем в послеоперационном периоде у пациентов не отмечалось.

Крупная артериальная мышечная ветвь чаще всего отходит от медиальной поверхности ПА. Ее по возможности необходимо сохранить. Мелкие ветви возможно коагулировать биполярным электрокоагулятором.

Наибольшую трудность для доступа представляют венозные сплетения. При выделении ПА в данном сегменте происходит их травма. Параметры раны (глубокая и узкая) осложняют визуализацию и остановку кровотечения. В процессе работы иглу Дюфо заменили специальной

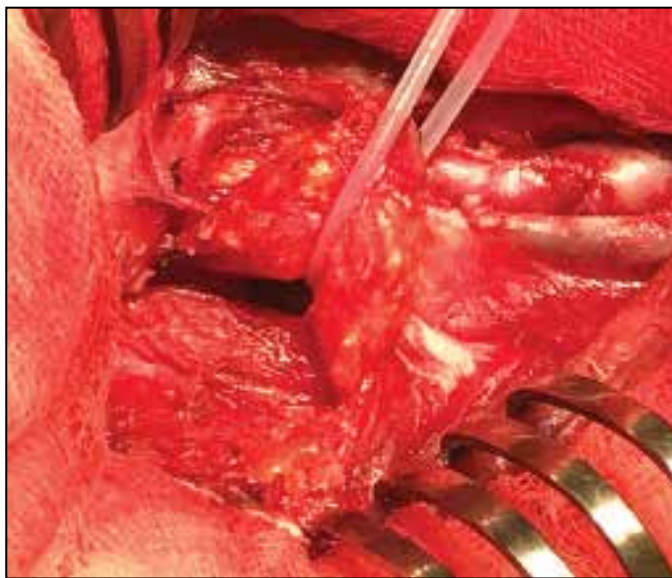


Рис. 4. Передне-боковой доступ к V3 сегменту ПА.



Рис. 5. Передне-боковой доступ к V3 сегменту ПА. Этап коагуляции венозных сплетений.

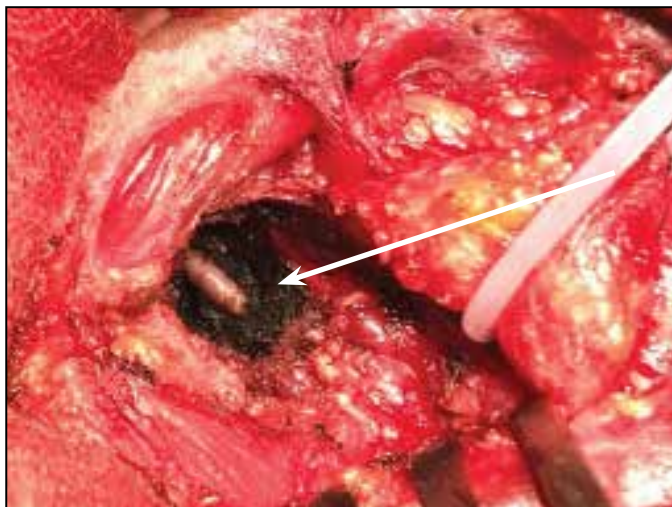


Рис. 6. Выделенный V3 сегмент ПА (обозначен стрелкой).

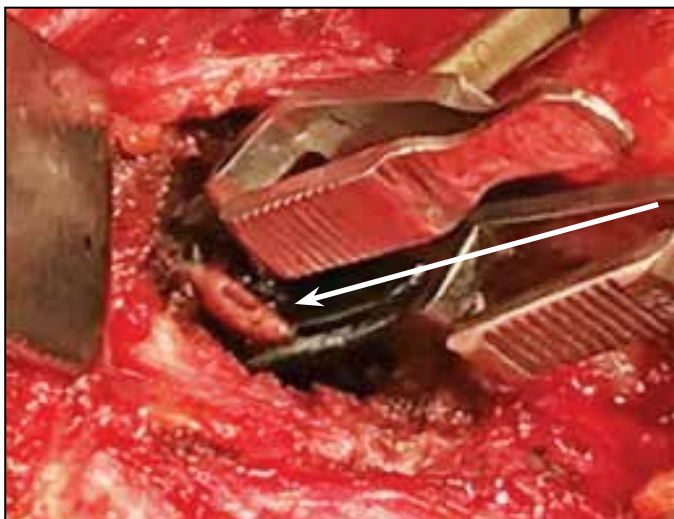


Рис. 7. Позвоночная артерия пережата в V3 сегменте, выкраено окно для формирования анастомоза (обозначено стрелкой).

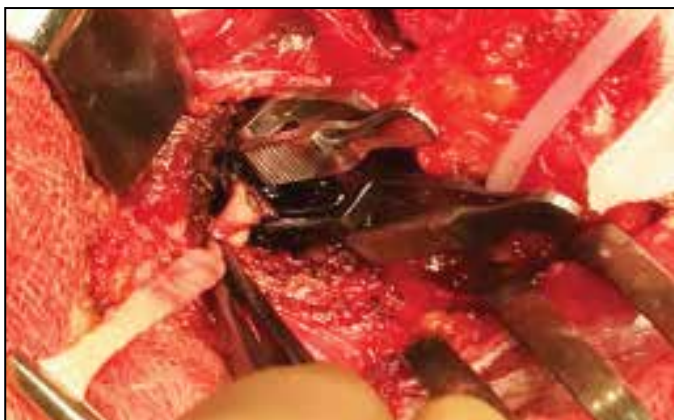


Рис. 8. Формирование дистального анастомоза аутовенозного шунта с V3 сегментом ПА.



Рис. 9. Сформированный дистальный анастомоз аутовенозного шунта с V3 сегментом ПА (шунт заполнен кровью ретроградно).

насадкой к электроотсосу. Диаметр насадки – 1,5 мм. Она изогнута по параметрам раны и позволяет визуализировать и локализовать источник кровотечения. Окончательную остановку кровотечения

производят прижиганием биполярного электрокоагулятора (рис. 6).

После выделения ПА для проведения шунта диссектором формируют канал под внутренней яремной веной и вагусом в направлении от середины выделенного сегмента ПА к месту наложения проксимального анастомоза с ОСА или НСА. Канал расширяют диссектором до диаметра не менее 10 мм для свободного расположения шунта, затем в него вводят держалку и ткани отводят медиально, посредством чего расширяют поле для наложения дистального анастомоза. При наличии поражения бифуркации сонной артерии от 50% и более первым этапом выполняют каротидную эндартерэктомию, чаще эверсионную. Полагаем, это необходимо осуществлять в обязательном порядке в целях создания условий для длительного функционирования шунта. После этого на одноименном бедре в средней трети забирают участок аутовены длиной 10–12 см. После пережатия зажимами Дебейки ПА вскрывают по передней стенке микроножницами, изогнутыми по плоскости. Создают окно в артерии диаметром 4–5 мм – место формирования анастомоза (рис. 7).

Край аутовенозного шунта срезают под углом 30°. Для формирования анастомоза используют нить Премилен 7/0 с иглой 10 мм 3/8 (производитель – В. Braun). Начинают шить с проксимальной «пятки», используя методику «парашютного» шва, притягивают анастомоз после формирования 3–5 стежками с каждой стороны. Далее поочередно шьют каждую сторону анастомоза (рис. 8).

После формирования кругового анастомоза обвивным швом по типу «конец в бок» затягивают и завязывают нить. При затягивании нити важно избежать эффекта «кисетирования». Сначала снимают зажим с дистальной части ПА и проверяют ретроградное наполнение и качество анастомоза. Затем снимают проксимальный зажим с ПА (рис. 9).

Шунт проводят по каналу к сонной артерии. Снимают зажим с проксимального конца шунта, чтобы шунт под действием крови из ПА расправился и лег в канал без натяжения. Максимального заполнения шунта удастся добиться не всегда из-за наличия клапанов в большой подкожной вене. На этом этапе необходимо четко следить, чтобы шунт не перекрутился по оси.

Далее пережимают сонные артерии для формирования проксимального анастомоза. При формировании анастомоза с НСА шунт проводят под ВСА, пережимают только НСА от бифуркации и на 2,0–2,5 см дистальнее, с внутренней поверхности

образуют окно размером 1,0–1,5 см с удалением на 1,5–2,0 мм от стенки артерии (окно для анастомоза). При формировании анастомоза с ОСА пережимают ОСА, ВСА и НСА. Ниже бифуркации выкраивают окно с задне-латеральной поверхности ОСА. Под это окно обрабатывают проксимальный конец аутовенозного шунта.

Важным моментом является определение степени натяжения шунта. Несмотря на то, что голова пациента на операционном столе отвернута в сторону, резкой перемены во взаимодействии между позвоночной и сонной артериями после приведения головы к средней линии тела не произойдет. Поэтому с самого начала необходимо обеспечить достаточную длину шунта, не надеясь на изменения анатомии после операции. По опыту авторов, следует всегда оставлять небольшой запас шунта в дистальной части рядом с анастомозом с ПА, шунт не натягивать.

Далее формируют проксимальный анастомоз круговым обвивным швом нитью Премилен 7/0 иглой 13 мм 3/8 (производитель – В. Braun) по типу «конец в бок». Потом снимают зажимы с шунта, ВСА, НСА. Проверяют на гемостаз. Затем перекрывают ВСА и шунт, снимают зажим с артерии притока (НСА или ОСА). После этого полностью открывают ВСА и шунт. Проверяют на гемостаз (рис. 10).

Ушивание раны осуществляют с восстановления кивательной мышцы: сшивают сухожильную часть нитями капрон № 5 П-образными швами. В нижний угол раны помещают трубчатый дренаж. Послойно ушивают платизму и кожу. Накладывают асептическую повязку.

Другими вариантами выполнения операции являются аутовенозное шунтирование от НСА (рис. 11) и использование в качестве шунта затылочной артерии, ветви НСА с формированием только дистального анастомоза (рис. 12).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

С 2006 по 2016 гг. выполнено 57 реконструкций V3 сегмента ПА больным с клиникой ВБН, из них в 5 случаях в качестве шунта применяли затылочную артерию, в 52 – аутовену.

На начальном этапе у 5 пациентов использовали в виде шунта затылочную артерию (ветвь НСА), из них у 2 – в качестве изолированной реконструкции, у 3 – в виде протезирования ПА в сочетании с каротидной эндартерэктомией. После операции во всех случаях отмечено клиническое улучшение. У 4 из пациентов в сроки до 1 года отмечен тромбоз шунта с возвратом клиники ВБН.

Из 52 больных с аутовенозным шунтом 11 выполнена реконструкция из НСА, 41 – из ОСА в сочета-



Рис. 10. Вид раны после формирования всех анастомозов.



Рис. 11. Вариант аутовенозного шунтирования V3 сегмента ПА из ветвей НСА.



Рис. 12. Вариант шунтирования V3 сегмента ПА затылочной артерией, ветвью НСА в виде свободного шунта.

нии с каротидной эндартерэктомией. Среди них в 1 сутки после операции у 1 больного отмечен тромбоз шунта и зоны реконструкции с развитием полушарного инсульта и инсульта в вертебро-базиллярном бассейне. Пациент погиб на 3 сутки. В течение всего периода наблюдения у остальных 51 больного сохранялось клиническое улучшение, случаев тромбоза шунта не было. Пациенты находились под дина-



Рис. 13. Компьютерная томография, выполненная больному через 1 год после аутовенозного шунтирования из ОСА в V3 сегмент ПА (обозначено стрелкой) и каротидной эндартерэктомии.

мическим наблюдением: осмотры, ультразвуковое исследование при выписке, через 3 месяца, 1 год и далее ежегодно. Через 1 год выполняли рентгеноконтрастную ангиографию и компьютерную томографию, через 5 лет – компьютерную томографию.

На рис. 13 представлена компьютерная томография, сделанная больному через 1 год после аутовенозного шунтирования (ОСА – V3 сегмент ПА) и каротидной эндартерэктомии.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Хирургические операции на V3 сегменте ПА вызывают множество вопросов у специалистов из-за отсутствия крупных рандомизированных исследований, проведение которых требует накопления опыта в деятельности отдельных коллективов авторов.

Важным вопросом хирургии V3 сегмента ПА является материал шунта. По мнению Carney A.L. (1981) [7], оптимальным материалом для шунта является затылочная артерия – ветвь НСА. Другие авторы – Koskas F., et al. (1995), Berguer R., et al. (1998), Kiffer E., et al. (2002) [15–17] – результатами своих исследований доказывают, что оптимальный материал для шунта – аутовена. Из 57 случаев выполнения авторами представленной работы реконструктивной операции на V3 сегменте ПА в 5 (8,8%) – в качестве шунта использовали затылочную ветвь НСА, а в 52 (91,2%) – аутовену. В результате к 3 году у 4 (80%) пациентов с артериальным шунтом наступил тромбоз шунта, у пациентов с аутовенозным шунтом – только у 1 (1,7%); различия в результатах статистически значимы ( $p \leq 0,01$ ).

Из вышесказанного следует, что лучшим материалом для шунта в V3 сегменте ПА является аутовена.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнение авторами шунтирующей операции в V3 сегменте ПА позволило обеспечить длительное купирование клиники ВБН у 88,7% пациентов через 3 года и у 78,3% – через 7 лет. При этом проходимость аутовенозного шунта сохранялась через 3 года у 98,1% больных, а через 7 лет – у 96,2%.

Таким образом, полученные результаты сопоставимы с результатами Berguer R., et al. [16], Kieffer E., et al. (2002) [17]. Строгий алгоритм отбора больных на операцию, исключаящий все другие причины ВБН, четкое соблюдение технологии выполнения операции с использованием в качестве шунта аутовены позволяет обеспечить длительную проходимость шунта и купирование клиники ВБН у большинства пациентов на долгое время.

***Конфликт интересов отсутствует.***

## THE OPERATIVE TECHNIQUE OF SHUNTING TO THE THIRD (V3) SEGMENT OF THE VERTEBRAL ARTERY

VACHEV A.N., DMITRIEV O.V.

*Clinic and Chair of Hospital Surgery of the Samara State Medical University of the RF Public Health Ministry,  
Samara, Russia*

*The authors provide a detailed description of the step-by-step technique of performing the operation of shunting to the V3 segment of the vertebral artery in patients with clinical manifestations of vertebrobasilar insufficiency (VBI). Reported are surgical outcomes in a total of 57 patients with VBI. Of these, 5 patients underwent arterial bypass grafting and 52 patients endured autovenous shunting. One patient developed shunt thrombosis in the early postoperative period and, unfortunately, died, with the remaining 51 shunts being patent. At 3 years of follow up, shunt thrombosis occurred in four (80%) patients with the arterial bypass and only in one (1.7%) of the 52 autovein-treated patients. The total duration of postoperative follow up amounted to 10 years.*

*Long-term freedom from VBI clinical manifestations was achieved in 88.7% of patients after 3 years and in 78.3% after 7 years, with the 3- and 7-year patency rate of the autovenous shunts amounting to 98.1 and 96.2%, respectively.*

**Key words:** vertebral artery, third (V3) segment, vertebrobasilar insufficiency, reconstructive operation, shunting, operative technique, distal vertebral artery.

### INTRODUCTION

A possibility of performing bypass grafting of the distal portion of the vertebral artery (VA) in its occlusion in the proximal portion was first reported by Carney A., et al. (1977) [1]. The authors performed autovenous shunting from the common carotid artery (CCA) to the V3 segment of the VA at the level of the first-second (C1–C2) cervical vertebrae [1–3]. It was noted that one of the obstacles for performing this operation is the anterior branch of the C2 root (of the spinal nerve), arching over the VA. Later on, many authors pointed to the necessity of cutting this branch for adequate mobilization of the VA at this level [2, 3].

In 1977, Gorkill G., et al. [4] suggested performing transposition of the external carotid artery (ECA) into the V3 segment of the VA. In 1978, Gamey A., et al. [5] reported a possibility of shunting the internal carotid artery (ICA) occluded in the ostium to the VA at the level of C1–C2 vertebrae. In 1981, Besson G., et al. [6] published two reports with different variants of external carotid distal vertebral autovenous bypass, while Carney A. (1981) [7] described a variant of using the VA loop at the level of C1–C2 for an anastomosis with the ECA branch (occipital-distal-vertebral anastomosis). However, all these reports were but sporadic.

The 1980s witnessed a sufficiently large number of publications about shunting interventions in the V3 segment of the VA [8–17]. By the mid 1990s, various authors described not only the facts of performing such operations but also reported the remote results [10–15].

Thus, in 1998, Berguer R., Morasch M.D., Kline R.A [16] analysed long-term outcomes of treating a total of 98 patients undergoing reconstructions of the V3 segment of the VA during a period of 14 years. The cumulative primary patency at 5 and 10 years was  $75\pm 6\%$  and  $70\pm 7\%$ , respectively.

To date, the largest study is the work by Kieffer E., Praquin B., Chiche L., et al. (2002) [17]. The authors reported the results of 352 reconstructions of the V3 segment of the VA (performed in 323 patients). Significant vertebrobasilar symptom-free rate was  $94.0\pm 3.5\%$  at 5 years and  $92.8\pm 3.8\%$  at 10 years. Primary patency rate was  $89.3\pm 3.6\%$  at 5 years and  $88.1\pm 4.0\%$  at 10 years.

In Russia, reports on reconstructions of the V3 segment of the VA are only sporadic. Specialists of the Novokuznetsk Neurosurgical Clinic carried out a total of 11 successful reconstructions of the VA V3 segment [18], and those of the National Scientific and Practical Centre of Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev performed a total of 21 such operations over 12 years. The early postoperative patency rate amounted to 80%, with the late patency amounting to 62%. Surgeons of the 3<sup>rd</sup> Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky under the Ministry of Defence of the Russian Federation performed 12 operations of bypassing the VA V3 segment, with the immediate postoperative clinical improvement observed in all patients [19].

Hence, surgery of the V3 segment of the VA in the late 20<sup>th</sup> – early 21<sup>st</sup> centuries accumulated a certain amount



Fig. 1. A line of skin incision for the approach to the V3 segment of the VA.



Fig. 2. Peculiarities of the anterolateral approach to the V3 segment of the VA.

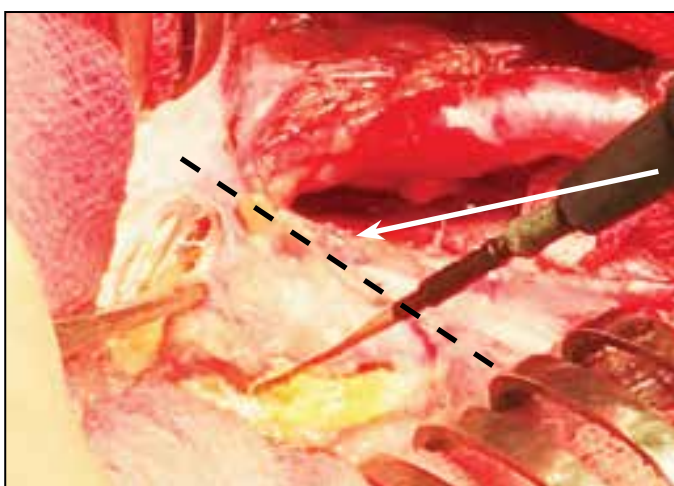


Fig. 3. Peculiarities of the anterolateral approach to the V3 segment of the VA [the arrow indicates the projection of the XI pair of cranial nerves (n. accessories)].

of experience with distal vertebral artery reconstructions of the VA [15–17]. The majority of patients were subjected to autovenous grafting from the CCA, ECA

[16, 17] or direct transposition of the distal vertebral artery to the ICA [15], less often – transposition of the ICA branches to the distal segment of the VA [16].

However, in the available literature we came across no detailed description of the technology of performing the operation of distal vertebral artery shunting, so we are hereinafter proving a detailed description thereof.

#### PATIENTS AND METHODS

An indication for reconstruction of the V3 segment of the VA is first of all ineffective medicamentous treatment in patients presenting with the neurologist-verified clinical course of VBI during more than 12 months. This provision is of principle importance: no such operation has ever been performed in any patient without confirmed VBI. Anatomical lesions may be different. Among these were: 1) stenosis or occlusion of the V1 and V2 segments of the VA with disunity of the posterior portions of the circle of Willis; 2) extravasal compression of the V2 segment of the VA with disunity of the posterior portions of the circle of Willis; 3) dissection of the VA with the risk of distal embolism, an arterial (true or false) aneurysm and arteriovenous malformation of the V2 segment of the VA; 4) prior open operation on the V1 segment of the VA or a carotid-subclavian anastomosis; 5) stent fracture or pronounced restenosis (if repeat stenting is impossible) after stenting of the V1 segment of the VA.

All operations on reconstruction of the V3 segment of the VA are performed under endotracheal anaesthesia. The patient's position on the table is horizontal, with a bolster put under the shoulders and nape, with the head turned to the side opposite to the operation. Antiseptic treatment of the operative field – from the upper edge of the auricle, behind the concha to the jugular notch. Treatment is preceded by placing a dry gauze ball into the auditory meatus in order to ensure no ingress of the disinfecting solution and to prevent acute otitis.

The operation is carried out with the use of the operating optics with 2.5–3.5x magnification and a forehead illuminator. The approach is performed along the internal edge of the nodding muscle from the mastoid process to the lower edge of the cricoid cartilage (Fig. 1).

The skin, subcutaneous fat and platysma are dissected. This is followed by exposing in a sharp way and by a monopolar electrocoagulator the bifurcation of the carotid artery and its branches. Patients with a hypersthenic constitution are for convenience subjected to partially or completely dissecting the tendinous portion of the nodding muscle near the mastoid process (Fig. 2).



Then we expose the carotid artery bifurcation and with an electric knife partially cut off the lymphoid fascia. The fascia is dissected from the corner of the mandible in the form of a triangle with its base facing the XI pair of craniocerebral nerves (n. accessorius). The fascia is diverted, covering and protecting the XI pair (Fig. 3, 4).

Dissecting the cervical fasciae and prevertebral muscles, we expose the vertical portion of the V3 segment of the VA in the interval between the transverse processes of the C1–C2 vertebrae. Within this interval sized 1.5–2.5 cm, the VA is maximally free and convenient for formation of an anastomosis.

On this segment, the VA appears to possess three anatomical peculiarities:

1. It is arched over by the C2 root – spinal nerve.
2. From it originate large muscular nerves.
3. The artery is enveloped from all sides by a pronounced venous plexus, haemorrhage from which, if damaged, may be significant and difficult to arrest.

At this stage, it is necessary to use bipolar coagulation and an electric suction device provided with a tip pre-curved for the anatomical parameters of the wound. We use the bent blunt needle of Dufour (Fig. 5).

With mobility of the C2 root and sufficient length of the loop, the former may not be dissected but diverted downwards to the C2 vertebra. If the root is insufficiently mobile and interferes with exposing the VA, it is dissected and infiltrated with a lidocaine solution. No significant neurological problems in the postoperative period were observed in our patients.

A large arterial muscular branch more often originates from the medial surface of the VA. It should possibly be spared. Small branches may be coagulated with a bipolar electrical coagulator.

Venous plexi pose the greatest difficulty for the access. Exposure of the VA in this segment is associated with their injury. The parameters of the wound (deep and narrow) complicate visualization and arrest of bleeding. In the process of the work we replaced the Dufour needle by a special tip for the electrical suction pump. The diameter of the tip is 1.5 mm. It is bent according to the wound's parameters and makes it possible to visualize and localize the source of haemorrhage. The latter is finally arrested by means of cauterization with a bipolar electric coagulator (Fig. 6).

Once the VA is exposed, in order to pass the shunt, a dissector is used to form the channel under the internal jugular vein and vagus in the direction from the middle of the exposed segment of the VA to the place of application of the proximal anastomosis with the CCA or ICA. The channel

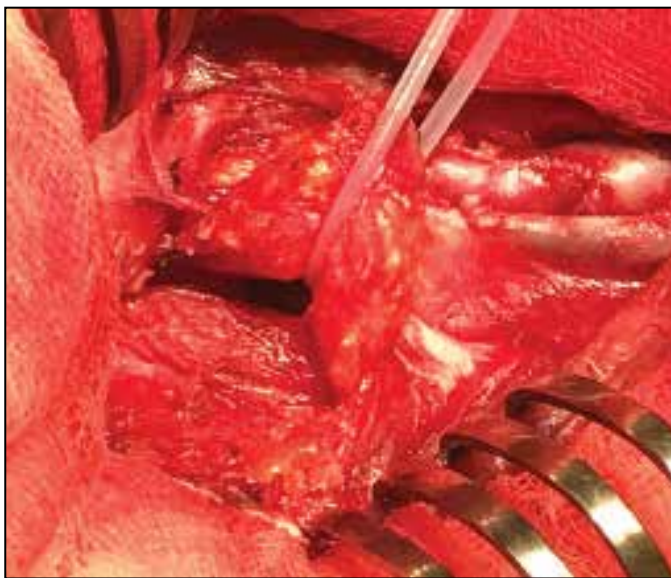


Fig. 4. Anterolateral approach to the V3 segment of the VA.



Fig. 5. Anterolateral approach to the V3 segment of the VA. Stage of coagulation of the venous plexi.

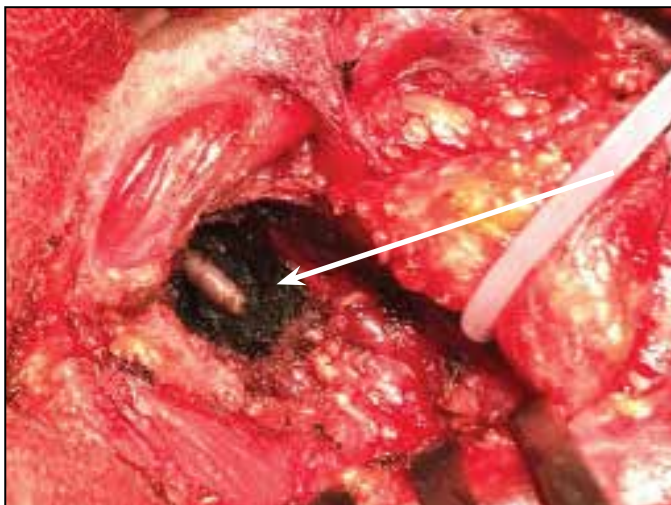


Fig. 6. Exposed V3 segment of the VA (indicated by the arrow).

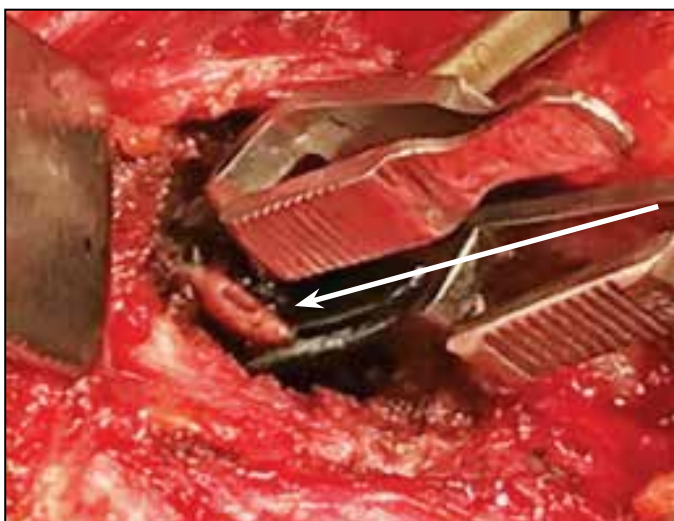


Fig. 7. The vertebral artery is clamped in the V3 segment, with a window cut out for construction of an anastomosis (indicated by the arrow).

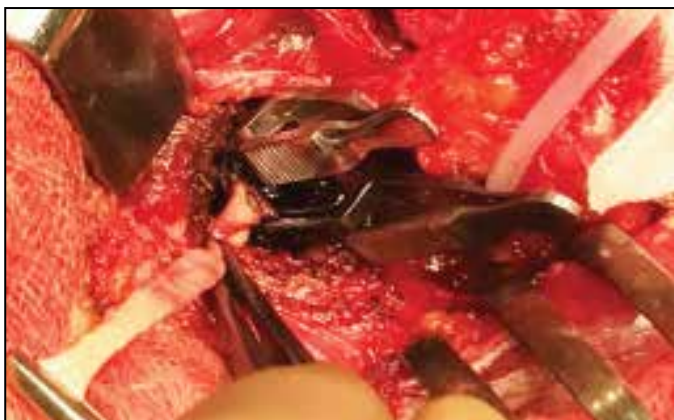


Fig. 8. Formation of distal anastomosis between the autovenous shunt and V3 segment of the VA.



Fig. 9. Formed distal anastomosis of the autovenous shunt with the V3 segment of the VA (with the shunt filled with blood in a retrograde manner).

is widened with the dissector to the diameter of not less than 10 mm for free location of the shunt, followed by inserting a holder therein and diverting the tissues medially, thereby broadening the landing zone for the

distal anastomosis. With the presence of a lesion to the carotid artery bifurcation of 50% and more, the first stage consists in carotid endarterectomy, more often eversion one. We believe that this should obligatorily be performed in order to create the conditions for long-term functioning of the shunt. After this, from the ipsilateral femur in the middle third a 10-to-12-cm-long autovein is harvested. Once cross-clamped with DeBakey clamps, the VA is cut open along the anterior wall with microscissors curved along the surface, followed by creating in the artery a window measuring 4–5 mm in diameter – the site of forming the anastomosis (Fig. 7).

The edge of the autovenous shunt is cut at an angle of 30°. The anastomosis is formed using the 7/0 Premilene suture and a 10-mm needle 3/8 (manufacturer – B. Braun). Suturing begins from the proximal “heel” using the parachute suture technique, pulling up the anastomosis after formation with 3–5 stitches from each side. This is followed by alternately suturing each side of the anastomosis (Fig. 8).

After forming a circular end-to-side anastomosis with the twisted suture the tread is tightened and tied. While tightening the thread it is important to avoid the purse-string effect. First, the clamp is removed from the distal portion of the VA, checking for retrograde filling and quality of the anastomosis. Then the proximal clamp is removed from the VA (Fig. 9).

The shunt is passed along the channel to the carotid artery. The clamp is removed from the proximal end of the shunt for the latter under the action of blood from the VA could expand and lie down into the channel without tension. The maximal filling of the shunt is not always attained because of the presence of valves in the great saphenous vein. At this stage, care should be exercised to see that the shunt is not twisted axially.

Then, the carotid arteries are cross-clamped in order to form the proximal anastomosis. During formation of the anastomosis with the ECA the shunt is passed under the ICA, only the ECA is clamped from the bifurcation and 2.0–2.5 cm distally, from the internal surface forming a window sized 1.0–1.5 cm at a distance of 1.5–2.0 cm from the arterial wall (window for anastomosis). While forming the anastomosis with the CCA, the CCA, ICA, and ECA are cross-clamped. Below the bifurcation, a window is cut out from the posterior-lateral surface of the CCA. For this window the proximal end of the autovenous shunt is then tailored.

An important moment is determining the degree of the shunt’s tension. Despite the fact that the patient’s head on the operating table is diverted sideward,

no sharp change in the interaction between the vertebral artery and carotid arteries after returning the head to the midline of the body would occur. Therefore, from the very beginning it is necessary to ensure sufficient length of the shunt, not hoping for alterations in the anatomy after the operation. According to the authors' opinion, there should always be a small reserve of the shunt in the distal portion near the anastomosis with the VA, and the shunt should not be tightened.

Then, an end-to-side proximal anastomosis is formed by circular twisted suture with the 7/0 Premilene thread and a 13-mm needle 3/8 (manufacturer – B. Braun), followed by removing the clamps from the shunt, ICA and ECA, checking for haemostasis. Then the ICA and the shunt are clamped, removing the clamp from the inflow artery (ICA or CCA). After this, the ICA and shunt are completely opened, checking for haemostasis (Fig. 10).

The wound is sutured from restoring the nodding muscle: suturing the tendinous portion with capron threads No 5 by U-shaped sutures, placing a tubular drainage in the lower corner of the wound and suturing the platysma and skin in a layer-by-layer manner, with an aseptic dressing applied.

Other options of performing the operation include autovenous shunting from the ECA (Fig. 11) and using the occipital artery, a branch of the ECA, as a shunt with formation of a distal anastomosis only (Fig. 12).

## RESULTS

From 2006 to 2016 we performed a total of 57 reconstructions of the VA V3 segment in patients with VBI. Of these, the occipital artery was used as a shunt in 5 cases and an autovein in 52 patients.

At the initial stage, the occipital artery (ECA branch) was used as a graft in 5 patients; of these, as isolated reconstruction in 2 cases and as VA prosthetic repair combined with carotid endarterectomy in 3 cases. Clinical improvement after the operation was observed in all cases. Four patients developed shunt thrombosis and a relapse of the VBI clinical course within 12 postoperative months.

Of the 52 patients with autovenous shunt, eleven underwent reconstruction from the ECA and 41 – from the CCA in combination with carotid endarterectomy. Of these, one patient within the first 24 postoperative hours was found to have thrombosis of the shunt and reconstructed zone with the development of hemispheric stroke and stroke in the vertebrobasilar basin. The patient died of POD 3. During the whole follow-up period the remaining 51 patients exhibited clinical improvement, with no cases of bypass thrombosis. The patients were under dynamic follow up, undergoing



Fig. 10. Appearance of the wound once all anastomoses formed.



Fig. 11. Variant of autovenous shunting of the VA V3 segment from ECA branches.



Fig. 12. Variant of shunting the V3 segment of the VA with the occipital artery, a branch of the ECA as a free shunt.

examinations, ultrasonographic study at discharge, after 3 months, 1 year and then annually. The patients endured contrast-enhanced X-ray angiography and computed tomography at 1 year and computed tomography at 5 years.

Fig. 13 shows a computed tomography image obtained in a patient 1 year after autovenous shunting (CCA – V3 segment of the VA) and carotid endarterectomy.



Fig. 13. Computed tomography image obtained in a patient 1 year after autovenous shunting from the CCA to the V3 segment of the VA (indicated by the arrow) and carotid endarterectomy.

#### DISCUSSION

Surgical operations on the V3 segment of the VA appear to pose a plurality of questions for the specialists due to lack of large randomized studies whose conduction requires accumulation of experience in the activities of separate teams of authors.

An important problem in surgery of the V3 segment of the VA is the material of the shunt. According to Carney A.L. (1981) [7], an optimal material for the shunt is the occipital artery – a branch of the ECA. The findings obtained by other authors – Koskas F., et al. (1995), Berguer R., et al. (1998), Kieffer E., et al. (2002) [15–17] – confirmed that an optimal material for the shunt is an autovein. In our series, of the 57 reconstructive operations on the V3 segment of the VA, the occipital branch of the ECA was used as a shunt in 5 (8.8%) cases and an autovein in 52 (91.2%) cases. At 3 years, shunt thrombosis occurred in four (80%) patients with the arterial bypass and only in one (1.7%) of the 52 autovein-treated patients, with the differences in the results being statistically significant ( $p \leq 0.01$ ).

From the above-mentioned, it follows that an autovein is the best material for the shunt in the V3 segment of the VA.

#### CONCLUSION

Shunting operations performed by the authors in the V3 segment of the VA made it possible to achieve long-

term freedom from VBI clinical manifestations in 88.7% of patients after 3 years and in 78.3% after 7 years, with the 3- and 7-year patency of the autovenous shunts amounting to 98.1% and 96.2%, respectively.

Hence, the obtained findings are comparable with those of Berguer R., et al. (1998) [16] and Kieffer E., et al. (2002) [17]. A strict algorithm of selecting the patients for surgery, excluding all other causes of VBI, as well as rigorous adherence to the technology of performing the operation with an autovein used as a shunt make it possible to ensure long-term patency of the shunt and freedom from VBI clinical course in the majority of patients for a long time.

*The authors declare no conflict of interest.*

#### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. **Carney A.L., Emanuele R., Anderson E.M.** Carotid Distal Vertebral Artery Bypass. Medicom A.-V. Productions, Chicago, 1977.
2. **Berguer R., Kieffer E.** Surgery of the Arteries to the Head. Springer-Verlag. New York, Ins., 1992; 128. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2880-6>.
3. **Rosset E., Branchereau A.** Distal vertebral artery (C1-C2): anatomic features and surgical approach. In: Vascular surgical approaches. Eds. Alain Branchereau and Ramon Berguer. Futura Publishing Company: Armonk, NY. 1999; 5: 27–35.
4. **Corkill G., French B.N., Michas C., et al.** External carotid-vertebral artery anastomosis for vertebro-basilar insufficiency. *Surg. Neurol.* 1977; 7: 109–115. PMID: 847618.
5. **Carney A.L., Anderson E.M.** Carotid distal vertebral-artery bypass for carotid artery occlusion. *Clin. EEG.* 1978; 9: 105–109. <https://doi.org/10.1177/155005947800900302>.
6. **Besson G., Vallee B., Mimossi N., et al.** Les occlusions vertebrales segmentaires mal tolerees. Traitement par pontage veineux entre la carotide externe et le segment C1–C2 de l'artere vertebrale (2 observations). *Neurochirurgie.* 1981; 27: 59–64. PMID: 7254454.
7. **Carney A.L.** Surgery of the vertebral artery-technical considerations. In: *Mastery of Surgery*, edited by L.M. Nyhus and R.J. Baker. Little, Brown and Co., Boston (in press), 1981.
8. **Carney A.L.** Vertebral artery surgery: historical development, basic concepts of brain hemodynamics, and clinical experience of 102 cases. *Advances in Neurology.* 1981; 30: 249–282. PMID: 7030012.
9. **George B., Laurian C.** Indications for revascularization of the distal cervical vertebral artery (French.) *Ann. Med. Interne (Paris).* 1986; 137(2): 108–111. PMID: 3717815.

10. **Branchereau A., Magnan P.E.** Results of vertebral artery reconstruction. *J. Cardiovasc. Surg. (Torino)*. 1990; 31(3): 320–326. PMID: 2370265.
11. **Habozit B.** Vertebral artery reconstruction: Results in 106 patients. *Ann. Vasc. Surg.* 1991; 5(1): 61–65. <https://doi.org/10.1007/bf02021780>.
12. **Deriu G.P., Ballotta E., Franceschi L., et al.** Surgical management of extracranial vertebral artery occlusive disease. *J. Cardiovasc. Surg. (Torino)*. 1991; 32(4): 413–419. PMID: 1864866.
13. **Mabuchi S., Kamiyama H., Abe H.** Distal ligation and revascularization-from external carotid to vertebral artery with radial artery graft for treatment of extracranial vertebral artery dissection. Report of a case. *Acta Neurochir. (Wien)*. 1993; 125(1–4): 192–195. <https://doi.org/10.1007/bf01401852>.
14. **Iwai Y., Sekhar L.N., Goel A., Cass S.** Vein graft replacement of the distal vertebral artery. *Acta Neurochir. (Wien)*. 1993; 20(1–2): 81–87. <https://doi.org/10.1007/bf02001474>.
15. **Koskas F., Kieffer E., Rancurel G., et al.** Direct transposition of the distal cervical vertebral artery into the internal carotid artery. *Ann. Vasc. Surg.* 1995; 9(6): 515–524. <https://doi.org/10.1007/bf02018824>.
16. **Berguer R., Morasch M., Kline R.** A review of 100 consecutive reconstructions of the distal vertebral artery for embolic and hemodynamic disease. *J. Vasc. Surg.* 1998; 27(5): 852–859. [https://doi.org/10.1016/s0741-5214\(98\)70265-4](https://doi.org/10.1016/s0741-5214(98)70265-4).
17. **Kieffer E., Praquin B., Chiche L., et al.** Distal vertebral artery reconstruction: long-term outcome. *J. Vasc. Surg.* 2002; 36(3): 549–554. <https://doi.org/10.1067/mva.2002.126092>.
18. **Lutsik A.A., Kazantsev V.V., Bondarenko G.Yu., Peganov A.I.** Operative treatment of patients with various forms of vertebrobasilar vascular insufficiency. *Medicine in Kuzbass*. 2014; 13: 1: 37–42 (in Russian).
19. **Gladyshev S.Yu., Antonov G.I., Dobrovolsky G.F., et al.** Carotid-distal-vertebral shunting in segmental lesion of the vertebral artery. *Neurosurgery*. 2010; 1: 73–74 (in Russian).

---

Адрес для корреспонденции:  
Дмитриев О.В.  
Тел.: 8 (9276) 89-87-81  
E-mail: olvldm@mail.ru

---

Correspondence to:  
Dmitriev O.V.  
Tel.: 8 (9276) 89-87-81  
E-mail: olvldm@mail.ru