

DOI: 10.15690/vramn918

В.А. Бывальцев<sup>1, 2, 3, 4</sup>, Е.Т. Махамбетов<sup>5</sup>, И.А. Степанов<sup>1</sup>,  
А.Б. Калиев<sup>5</sup>, С.К. Акшулаков<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный медицинский университет, Иркутск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск–Пассажирский, Иркутск, Российская Федерация

<sup>3</sup> Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Иркутск, Российская Федерация

<sup>4</sup> Иркутская государственная академия последипломного образования, Иркутск, Российская Федерация

<sup>5</sup> Национальный центр нейрохирургии, Астана, Казахстан

# Анализ результатов использования потокоперенаправляющих стентов Pipeline в хирургическом лечении неразорвавшихся больших и гигантских параклиноидных аневризм внутренней сонной артерии

**Обоснование.** Высокая частота рецидивов больших и гигантских параклиноидных аневризм (ПА) внутренней сонной артерии, а также наличие интра- и послеоперационных нежелательных явлений, приводящих к неудовлетворительным результатам хирургического лечения данной группы пациентов, обуславливают актуальность указанной проблемы. Потокоперенаправляющие стенты (ППНС) активно используются во многих крупных нейрохирургических центрах мира при лечении аневризм сосудов головного мозга различной морфологии, размеров и локализации. К настоящему времени существуют лишь единичные сообщения, посвященные оценке эффективности использования ППНС в хирургическом лечении больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии, а результаты указанных исследований неоднозначны и во многом противоречивы. **Цель исследования** — анализ результатов использования ППНС Pipeline в хирургическом лечении больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии. **Методы.** В исследование включены 37 пациентов (25 женщин, 12 мужчин; средний возраст  $51,7 \pm 10,7$  года), которым выполнена установка ППНС изолированно или в комбинации с отделяемыми спиралями по поводу больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии. Средний период наблюдения за пациентами составил  $19,7 \pm 3,8$  мес. **Результаты.** В 56,7% случаев ПА являлись причиной развития незначительного неврологического дефицита (1–2 балла по модифицированной шкале Рэнкина). У 18,9% пациентов ПА вызывали грубый неврологический дефицит (3–5 баллов по модифицированной шкале Рэнкина). Не имели клинико-неврологических проявлений 24,3% пациентов с ПА. После выполнения оперативного вмешательства у 32,4% пациентов отмечено улучшение неврологического статуса, в 45,9% случаев неврологический статус остался на прежнем уровне и в 21,6% — степень неврологического дефицита увеличилась. Установка только ППНС выполнена у 70,2% пациентов. В 29,7% случаев выключение больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии из системного кровотока выполнено с использованием комбинации ППНС и отделяемых спиралей. В указанный период наблюдения за пациентами полной окклюзии больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии удалось достигнуть в 75,6% случаев, практически полной и частичной окклюзии — в 24,3%. Частота встречаемости тромбоэмболических и геморрагических осложнений составила 10,8 и 8,1% соответственно. Смертность среди пациентов составила 2,7%. **Заключение.** Использование ППНС Pipeline является эффективным способом окклюзии больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии. Тем не менее указанный способ эндоваскулярного лечения ПА ассоциирован с высокой частотой нежелательных явлений.

**Ключевые слова:** большие и гигантские параклиноидные аневризмы, внутренняя сонная артерия, потокоперенаправляющие стенты, окклюзия, антитромбоцитарная терапия, осложнения.

(Для цитирования): Бывальцев В.А., Махамбетов Е.Т., Степанов И.А., Калиев А.Б., Акшулаков С.К. Анализ результатов использования потокоперенаправляющих стентов Pipeline в хирургическом лечении неразорвавшихся больших и гигантских параклиноидных аневризм внутренней сонной артерии. *Вестник РАМН.* 2018;73(1):16–22. doi: 10.15690/vramn918)

## Введение

Большие ( $\geq 15$  мм) и гигантские ( $\geq 25$  мм) аневризмы составляют от 12 до 15% всех видов артериальных аневризм сосудов головного мозга [1]. Параклиноидные аневризмы (ПА), представляющие собой аневризмы внутренней сонной артерии, расположены между дистальным кольцом твердой мозговой оболочки и устьем задней соединительной артерии (рис. 1). Клинико-неврологические проявления больших и гигантских ПА разнообразны (зрительные, гормональные нарушения; развитие аневризматического субарахноидального кровоизлияния) и во многом зависят от наличия компрессии определен-

ных структур головного мозга [2]. При этом, по данным Международного регистра неразорвавшихся аневризм (International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms, ISUIA), риск развития кровоизлияния больших и гигантских аневризм сосудов головного мозга составляет более 40% в год [3].

Первым методом оперативного лечения ПА стало лигирование несущей аневризму артерии, выполненное шотландским хирургом Джоном Хантером (John Hunter). Однако высокий процент летальности и стойкой инвалидизации среди пациентов после лигирования сосуда не позволили широко распространить данный метод хирургического вмешательства.

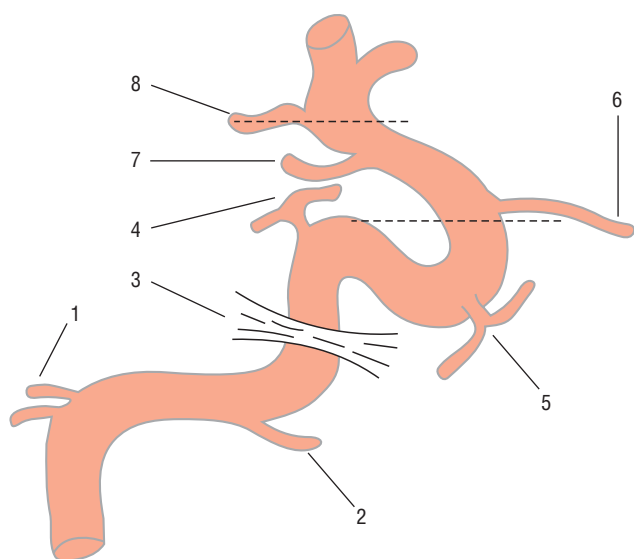


Рис. 1. Параклиноидный отдел внутренней сонной артерии (ограничен пунктирными линиями) (рисунок Н.А. Тетюшкина)

Примечание. 1 — сонно-барабанные артерии, 2 — крыловидная ветвь, 3 — наружное кольцо твердой мозговой оболочки, 4 — менинго-гипофизарный ствол (задний каротидно-кавернозный), 5 — латеральный каротидно-кавернозный ствол, 6 — глазная артерия, 7 — верхняя гипофизарная артерия, 8 — задняя соединительная артерия.

Активное развитие микронейрохирургии в 80-е годы прошлого столетия привело к тому, что клипирование больших и гигантских ПА стало основным методом хирургического лечения с низкой летальностью и числом осложнений. С развитием эндоваскулярных технологий стало возможным применение различных методов оперативных вмешательств при артериальных аневризмах сосудов головного мозга, в том числе при ПА. Вместе с тем расширились и показания к выполнению деконструктивных операций с/без формирования микрососудистых анастомозов [4].

Тем не менее хирургическое лечение больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии по-прежнему представляет собой актуальную проблему современной сосудистой нейрохирургии. Указанная актуальность обусловлена высокой частотой рецидивов ПА, а также наличием интра- и послеоперационных нежелательных явлений, приводящих к неудовлетворительным результатам лечения данной группы пациентов [5, 6]. На сегодняшний день потокоперенаправляющие стенты (ППНС) активно используются во многих крупных нейрохирургических центрах мира при лечении аневризм сосудов головного мозга различной морфологии, размеров и локализации [7–9]. Поиск литературных источников в медицинских базах данных Pubmed, Medline и eLIBRARY привел лишь к единичным сообщениям, посвященным оценке эффективности использования ППНС в хирургическом лечении больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии. При этом результаты

V.A. Byvaltsev<sup>1,2,3,4</sup>, Y.T. Makhambetov<sup>5</sup>, I.A. Stepanov<sup>1</sup>, A.B. Kaliyev<sup>5</sup>, S.K. Akshulakov<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Railway Clinical Hospital on the Station Irkutsk-Passazhirskiy of Russian Railways Ltd., Irkutsk, Russian Federation

<sup>3</sup> Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russian Federation

<sup>4</sup> Irkutsk State Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russian Federation

<sup>5</sup> National Center of Neurosurgery, Astana, Kazakhstan

## Outcome Analysis of the Flow Diversion with Pipeline Embolization Device for the Surgical Treatment of Unruptured Large and Giant Paraclinoid Carotid Aneurysms

**Background:** Both the high frequency of recurrence of large or giant paraclinoid aneurysms (PA) of the internal carotid artery and the occurrence of intra- and postoperative complications, leading to unsatisfactory results of surgical treatment of this group of patients, make the stated problem urgent. Flow-diverter embolization devices are actively used in many large international neurosurgical centers for the treatment of cerebral aneurysms of different morphology, size, and localization. Currently, there are very few reports on the effectiveness of the use of flow diverting stents in the surgical treatment of large and giant PA of the internal carotid artery. The results of these studies are controversial and largely contradictory.

**Aim:** Outcome analysis of the use of Pipeline embolization device (PED) for the surgical treatment of large and giant carotid PA. **Methods:** The study enrolled 37 patients (25 women, 12 men; mean age 51.7±10.7 years) who were divided into those treated with the PED alone versus those treated with the PED and concurrent coil embolization. The average follow-up period was 19.7±3.8 months. **Results:** In 56.7% of cases, PA caused the development of an insignificant neurological deficit (Modified Rankin Scale 1–2). In 18.9% of patients, PA provoked a gross neurologic deficit (MRS 3–5). 24.3% of patients with PA did not have any clinical-neurological manifestations. After the surgery, neurologic status improved in 32.4% of patients, remained the same — in 45.9% of cases, and the degree of neurologic deficit increased in 21.6%. PED procedure was performed in 70.2% of patients. In 29.7% of cases, the dislocation of large or giant PA of the internal carotid artery from the systemic blood stream was performed using PED and concurrent coil embolization. At the indicated period of patient observation, complete occlusion of large and giant carotid PA was achieved in 75.6% of cases, almost complete and partial occlusion — in 24.3%. The incidence of thromboembolic and hemorrhagic complications was 10.8% and 8.1%, respectively. Mortality rate among patients was 2.7%. **Conclusions:** The use of PED is an effective method for occluding large or giant PA of the internal carotid artery. Nevertheless, this method of endovascular treatment of PA is associated with a high complication incidence.

**Key words:** large and giant paraclinoid aneurysms, internal carotid artery, flow-diverter embolization device, occlusion, antiplatelet therapy, complications.

(For citation: Byvaltsev VA, Makhambetov YT, Stepanov IA, Kaliyev AB, Akshulakov SK. Outcome Analysis of the Flow Diversion with Pipeline Embolization Device for the Surgical Treatment of Unruptured Large and Giant Paraclinoid Carotid Aneurysms. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2018;73(1):16–22. doi: 10.15690/vramn918)

указанных исследований неоднозначны и во многом противоречивы.

**Цель исследования** — анализ результатов использования ППНС Pipeline (Medtronic, США) в хирургическом лечении больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии.

## Методы

### Дизайн исследования

Выполнено нерандомизированное ретроспективное когортное моноцентровое исследование.

### Критерии соответствия

Предметом изучения в исследовании являлась медицинская документация пациентов, прооперированных по поводу больших и гигантских неразорвавшихся мешотчатых или фузиформных ПА внутренней сонной артерии в период с января 2008 по июнь 2017 г.

#### Критерии включения медицинских карт в исследование:

- возраст пациентов на момент выполнения оперативного вмешательства — от 25 до 70 лет;
- наличие неразорвавшихся больших и гигантских мешотчатых или фузиформных ПА внутренней сонной артерии;
- использование ППНС Pipeline (Medtronic, США);
- выполнение оперативного вмешательства в соответствии со стандартным протоколом.

#### Критерии исключения:

- разорвавшиеся большие и гигантские ПА внутренней сонной артерии;
- наличие выполненных оперативных вмешательств в анамнезе по поводу больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии;
- тяжелые нарушения проводимости и ритма сердца;
- тяжелое течение артериальной гипертензии;
- декомпенсированный сахарный диабет;
- тяжелая сердечная и/или дыхательная недостаточность;
- тяжелая почечная и/или печеночная недостаточность.

### Условия проведения

Исследование выполнено на базах Центра нейрохирургии Дорожной клинической больницы на станции Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД-Медицина» (Иркутск, Российская Федерация) и отделения сосудистой и функциональной нейрохирургии АО «Национальный центр нейрохирургии» (Астана, Казахстан).

### Продолжительность исследования

Исследование, выполненное в 2017 г., включало в себя анализ данных хирургического лечения пациентов с большими и гигантскими ПА внутренней сонной артерии, получивших медицинскую помощь в период с января 2008 по июнь 2017 г.

### Описание медицинского вмешательства

В настоящее исследование включена медицинская документация той группы пациентов, тактика хирургиче-

ского лечения которой соответствовала нижеследующему стандартному протоколу.

За 7 дней до выполнения оперативного вмешательства у всех пациентов применялась двойная антитромбоцитарная терапия, включающая ацетилсалициловую кислоту в дозе 100 мг 1 раз/сут и клопидогрел в дозе 75 мг 1 раз/сут. Функциональная активность тромбоцитов оценивалась методом импедансной агрегометрии. В случае если у пациента по данным агрегометрии отсутствовал фармакологический ответ на терапию клопидогрелом, его переводили на терапию тикагрелором в дозе 90 мг 2 раза/сут.

Оперативное вмешательство выполнялось под внутривенной анестезией с использованием искусственной вентиляции легких. С целью профилактики развития артериальных тромбоэмболических осложнений на протяжении всей операции пациенту проводилась внутривенная антикоагулянтная терапия гепарином. После пункции бедренной артерии выполняли селективную катетеризацию внутренней сонной артерии, в бассейне которой локализовалась ПА. Контроль за проведением катетера осуществляли с помощью ангиографической установки Artis Zee Biplane (Siemens, Германия). После визуализации ПА определяли ее форму, размеры купола и шейки аневризматического мешка. На следующем этапе оценивали характер несущего ПА сосуда (диаметр, наличие резкой извитости, стенозов). Установку ППНС Pipeline (Medtronic, США) выполняли на уровне шейки ПА. При этом концы стента старались расположить не менее чем на 5 мм дистальнее и проксимальнее шейки аневризматического мешка. После установки ППНС оценивали корректность выполненной процедуры, проходимость стента, степень стагнации рентгеноконтрастного препарата в полости аневризматического мешка, а также по данным церебральных ангиограмм выполняли верификацию признаков отсутствия дистальной тромбоэмболии. После установки стента двойная антиагрегантная терапия проводилась на протяжении не менее 3 мес клопидогрелом и не менее 12 мес ацетилсалициловой кислотой (рис. 2).

### Исходы исследования

#### Основной исход исследования

Оценивалась клиническая эффективность использования ППНС: степень окклюзии аневризмы, частота тромбоэмболических и геморрагических осложнений в интраоперационном, раннем и позднем послеоперационных периодах, а также смертность среди пациентов.

#### Дополнительные исходы исследования

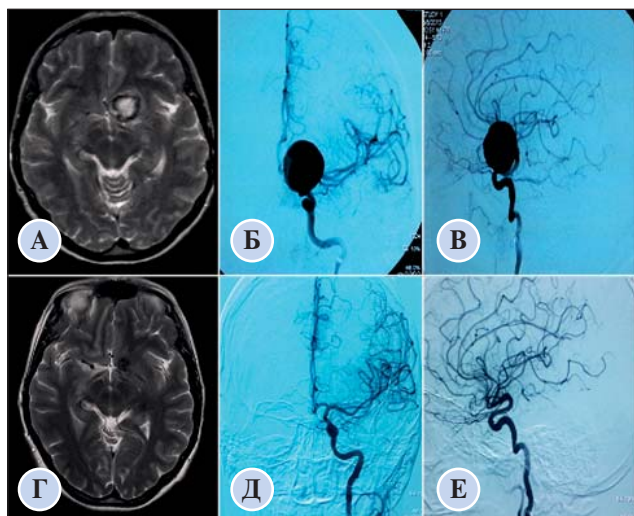
С учетом пола и возраста пациентов изучали максимальный диаметр и размер шейки аневризматического мешка для мешотчатых ПА, длину и ширину — для фузиформных ПА.

### Методы регистрации исходов

Оценка клинической эффективности использования ППНС проводилась по модифицированной шкале Рэнкина<sup>1</sup> (МШР) [10].

Интраоперационные тромбоэмболические осложнения верифицировались с помощью дигитальной суб-

<sup>1</sup> Шкалой Рэнкина неврологи пользуются с 1988 г. Модифицированная шкала предполагает использование данных, полученных в результате обследования неврологического состояния пациента с инсультом по шкале NIHSS, разработанной американским Национальным институтом здоровья, где установлена балльная система оценки (от 3–5 до 25). Тесты используют не только для определения тяжести инсульта, но и для планирования тромболитической терапии. Шкала позволяет оценить уровень сохранности речи, болевую чувствительность, степень нарушения двигательных функций, способность концентрировать внимание, уровень сознания, уровень согласованности движений.



**Рис. 2.** Пациент П., 63 года: гигантская частично тромбированная параклиноидная аневризма левой внутренней сонной артерии

*Примечание.* А — предоперационная магнитно-резонансная томограмма, Б — церебральная ангиограмма в прямой проекции, В — церебральная ангиограмма в боковой проекции, Г — послеоперационная магнитно-резонансная томограмма спустя 36 мес после установки потокоперенаправляющего стента (отмечается полная окклюзия аневризматического мешка), Д — церебральная ангиограмма в прямой проекции, Е — церебральная ангиограмма в боковой проекции.

тракционной ангиографии и включали в себя следующие признаки:

- 1) визуализацию тромба в просвете сосуда;
- 2) медленное заполнение просвета сосуда, первоначально имевшего хорошую степень наполнения;
- 3) отсутствие визуализации просвета сосуда.

Тромбоэмболические осложнения в раннем и позднем послеоперационном периодах оценивались по данным магнитно-резонансной томографии.

Интраоперационные геморрагические осложнения оценивались по результатам церебральных ангиограмм и компьютерной томографии.

Степень окклюзии ПА оценивалась также с помощью дигитальной субтракционной ангиографии или магнитно-резонансной томографии: при тромбозе 100% аневризматического мешка окклюзия считалась полной, от 90 до 100% — практически полной, менее 90% — частичной.

Размеры ПА оценивались по данным церебральных ангиограмм и магнитно-резонансной томографии с использованием программного обеспечения Radiant DICOM Viewer.

#### Этическая экспертиза

Протокол исследования одобрен этическим комитетом ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» (протокол № 417/2 от 16.05.2015). Исследование проводилось в соответствии с принципами надлежащей клинической практики и Хельсинкской декларации [11].

#### Статистический анализ

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010. Описательные статистические данные представлены в виде  $M \pm SD$ , где  $M$  — среднее значение,

$SD$  — стандартное отклонение. При сравнении полученных значений использованы U-тест Манна–Уитни для непараметрических данных и критерий  $\chi^2$  для категориальных переменных. Достоверными считали значения  $p$  менее 0,05.

## Результаты

### Объекты (участники) исследования

В исследование включены 37 (25 женщин, 12 мужчин) пациентов в возрасте от 25 до 70 лет (средний возраст составил  $51,7 \pm 10,7$  года). Период наблюдения за пациентами варьировал от 13 до 48 мес (средний период наблюдения —  $33,2 \pm 7,6$  мес) (табл. 1).

### Основные результаты исследования

В большинстве случаев (56,7%) большие и гигантские ПА внутренней сонной артерии являлись причиной развития незначительного неврологического дефицита (1–2 балла по МШР). У 18,9% пациентов ПА вызывали грубый неврологический дефицит (3–4 балла по МШР), 24,3% пациентов с ПА внутренней сонной артерии не имели клинико-неврологических проявлений. После выполнения оперативного вмешательства у 32,4% пациентов отмечено улучшение неврологического статуса, в 45,9% случаев неврологический статус остался на преж-

19

**Таблица 1.** Характеристика исследуемой группы пациентов

Параметры	Значения
Количество выполненных оперативных вмешательств	37
Количество пациентов	37
Пол	
Мужской	12 (32,4%)
Женский	25 (67,5%)
Средний возраст, лет	$51,7 \pm 10,7$
Предоперационный неврологический статус по МШР, баллы	
0	9 (24,3%)
1–2	21 (56,7%)
3–4	7 (18,9%)
Форма аневризмы	
Мешотчатые	10 (27%)
Фузиформные	27 (72,9%)
Средние размеры аневризм, мм	
Мешотчатые	
• Максимальный диаметр	$29,4 \pm 7,4$
• Размер шейки	$10,1 \pm 2,8$
Фузиформные	
• Длина	$39,6 \pm 11,7$
• Ширина	$27,4 \pm 9,9$
Фармакологический ответ на клопидогрел	
Да	28 (75,6%)
Нет	9 (24,3%)
Переход на терапию тикагрелором	
Да	3 (33,3%)
Нет	7 (66,6%)



**Таблица 2.** Результаты применения потокоперенаправляющих стентов Pipeline (Medtronic, США) у пациентов с большими и гигантскими параклиноидными аневризмами внутренней сонной артерии

Параметры	Значения
Вид оперативного вмешательства	
Только установка ППНС	26 (70,2%)
Комбинация ППНС с отделяемыми спиралями	11 (29,7%)
Средний период наблюдения, мес	33,2±7,6
Степень окклюзии аневризмы	
Полная (90–100%)	28 (75,6%)
Практически полная и частичная	9 (24,3%)
Повторные оперативные вмешательства	7 (18,9%)
Послеоперационный неврологический статус по МШР, баллы	
0	8 (21,6%)
1–2	19 (51,3%)
3–5	9 (24,3%)
6 (смерть)	1 (2,7%)
Динамика неврологического статуса по МШР	
Улучшение	12 (32,4%)
Без динамики	17 (45,9%)
Ухудшение	8 (21,6%)
Нежелательные явления	
Кровоизлияния	3 (8,1%)
Тромбоэмболии	4 (10,8%)

*Примечание.* ППНС — потокоперенаправляющий стент, МШР — модифицированная шкала Рэнкина.

нем уровне, у 21,6% пациентов степень неврологического дефицита увеличилась (табл. 2).

Установка только ППНС выполнена 70,2% пациентов. В 29,7% случаев выключение больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии из системного кровотока выполнено с использованием комбинации ППНС и отделяемых спиралей. Стоит отметить, что размеры ПА, при хирургическом лечении которых использована комбинация двух эндоваскулярных методов, достоверно превосходили размеры ПА, которые выключались из системного кровотока только с помощью ППНС ( $p=0,02$ ). При указанном периоде наблюдения за пациентами полной окклюзии больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии удалось достигнуть в 75,6% случаев, практически полной и частичной окклюзии — в 24,3%. Полная окклюзия аневризматического мешка отмечена у 79,1% пациентов с мешотчатыми большими и гигантскими ПА и 69,2% пациентов с фузиформными ПА. Повторные оперативные вмешательства (микрохирургическое клипирование и треппинг аневризм) потребовались в 18,9% случаев, при этом большая часть (57,1%) из указанных больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии имела фузиформную форму.

Частота встречаемости тромбоэмболических и геморагических осложнений составила 10,8 и 8,1% соответственно. Несмотря на то, что тромбоэмболические осложнения в группе с комбинированным использованием ППНС и отделяемых спиралей встречались чаще, достоверной разницы между данными группами не выявлено ( $p=0,137$ ). Нами также не обнаружено статистически зна-

чимых различий в распространенности тромбоэмболических осложнений между группами пациентов с хорошим и неудовлетворительным фармакологическим ответом на терапию клопидогрелом ( $p=0,264$ ). Смертность среди пациентов составила 2,7% (1 пациент): причиной смерти стал тромбоз стента с развитием острого нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу в бассейне левой внутренней сонной артерии.

### Дополнительные результаты исследования

Среднее значение максимального диаметра аневризматического мешка мешотчатых ПА составило 29,4±7,4 мм, средний размер шейки мешотчатых ПА — 10,1±2,8 мм. Средние значения длины и ширины больших и гигантских фузиформных ПА внутренней сонной артерии составили 39,6±11,7 и 27,4±9,9 мм соответственно.

### Обсуждение

Как известно, большие и гигантские ПА внутренней сонной артерии ассоциированы с высокой частотой развития неврологического дефицита и смертности пациентов, что связано как с прямым компрессионным действием аневризматического мешка на близлежащие анатомические структуры, так и с высоким риском их разрыва [12]. В исследовании D. Wiebers с соавт. [3] наглядно показано, что риск разрыва больших и гигантских церебральных аневризм передней мозговой циркуляции при среднем периоде наблюдения 5 лет составляет 40%, а задней мозговой циркуляции — 50%. Единственным способом снижения риска разрыва аневризм сосудов головного мозга является выполнение планового оперативного вмешательства. Эндоваскулярное лечение больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии с использованием отделяемых спиралей сопряжено с техническими сложностями и высокой частотой рецидивов аневризм [13, 14]. Более того, при эндоваскулярном выключении больших и гигантских ПА с широкой шейкой необходимо использовать вспомогательные инструменты (баллон или стент) для предотвращения миграции спиралей. M. Sluzewski с соавт. [15] в своей клинической серии отметили, что у 31% пациентов удалось достигнуть полной или практически полной окклюзии больших и гигантских аневризм сосудов головного мозга с помощью отделяемых спиралей. При этом повторное оперативное вмешательство потребовалось в 41,4% случаев (средний период наблюдения составил 6 мес). В исследовании A. Gruber с соавт. [16] сообщается о полной или практически полной окклюзии 71% гигантских аневризм при использовании отделяемых спиралей. Низкая эффективность использования отделяемых спиралей при гигантских аневризмах объясняется их неспособностью индуцировать полноценное тромбообразование в полости аневризматического мешка. Кроме того, наличие тромботических масс в полости большой или гигантской аневризмы к моменту выполнения оперативного вмешательства препятствует продвижению спиралей и не позволяет выполнить полноценную окклюзию последней [6]. В исследованиях A. Molyneux с соавт. [17] и I. Szikoga с соавт. [18] показано, что при эндоваскулярном выключении гигантских аневризм с помощью отделяемых спиралей отсутствуют полноценная организация тромба в полости аневризмы и покрытие шейки аневризмы эндотелием.

Работы, посвященные анализу результатов применения ППНС при хирургическом лечении больших и гигантских аневризм сосудов головного мозга, немного-

численны. Так, в обзоре X. Lv с соавт. [19] систематизированы данные 9 публикаций, посвященных применению ППНС в хирургическом лечении 40 гигантских аневризм сосудов головного мозга. Учеными отмечено, что полная окклюзия аневризм в сроки от 6 до 34 мес верифицирована у 23 (57%) пациентов, внутривенные кровоизлияния — у 7 (17,5%); в 5 (12,5%) случаях подтверждено острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу и у 13 (32,5%) пациентов отмечено нарастание масс-эффекта после использования ППНС. Сходные результаты получены в клинической серии N. Aadeb с соавт. [6]. Крупные рандомизированные клинические исследования, посвященные изучению эффективности ППНС в хирургическом лечении аневризм сосудов головного мозга (PITA, PUFs), продемонстрировали высокую результативность эндоваскулярного лечения, в том числе в отношении больших и гигантских аневризм [20, 21]. В метаанализе W. Brinjikji с соавт. [22] показано, что у 76% пациентов удалось достигнуть полной или практически полной окклюзии гигантских аневризм при использовании ППНС. Тем не менее у данной группы пациентов достоверно чаще встречались случаи развития тромбоэмболических осложнений и разрывов аневризм. В мультицентровом исследовании B. Kim с соавт. [8] доказана высокая эффективность применения ППНС в хирургическом лечении больших и гигантских аневризм сосудов головного мозга различной локализации. Авторы пришли к заключению, что у 77,4% пациентов достигнута полная или практически полная окклюзия аневризм. Нежелательные явления в виде геморрагических и тромбоэмболических осложнений отмечены лишь в 4,4% случаев (средний период наблюдения составил 3 мес). В целом, полученные нами результаты применения ППНС в хирургическом лечении больших и гигантских ПА во многом согласуются с данными мировой литературы.

Существует ряд патофизиологических факторов, влияющих на скорость тромбообразования в полости аневризм при установке ППНС. Принято считать, что ППНС уменьшают объем поступающей крови в полость аневризм, а затем полностью изолируют аневризматический мешок от несущего его сосуда за счет покрытия стента эндотелием в области шейки аневризм. Перечисленные факторы способствуют полноценному тромбообразованию в полости аневризм и дальнейшей организации тромботических масс. В части случаев на внутренней поверхности стента в области шейки аневризм могут встречаться не только эндотелиоциты, но и фибробласты с гладкомышечными клетками. Предполагается, что за счет миграции данного пула клеток происходит организация тромба в полости аневризм [23, 24]. Отсутствие одной из указанных клеточных популяций может привести к неполноценной организации тромба. A. Rouchaud с соавт. [25] при гистологическом исследовании гигантских аневризм сосудов головного мозга, выключенных из системного кровотока с помощью ППНС, отметили, что в некоторых случаях на поверхности стентов отсутствовали популяции эндотелиоцитов, фибробластов и гладких миоцитов. Более того, авторы выявили достоверную прямую корреляционную зависимость между степенью

окклюзии аневризматического мешка и количеством клеточных популяций на поверхности стента в области шейки аневризм. Источником клеточных популяций, участвующих в организации тромба в полости аневризм, является стенка несущего аневризму сосуда [26].

### Ограничения исследования

К сожалению, настоящее исследование не лишено недостатков, поскольку носит ретроспективный характер и включает в себя небольшое количество респондентов ввиду малой распространенности больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии. Кроме того, в работе объединены результаты хирургического лечения как мешотчатых, так и фузиформных ПА, имеющих различную гемодинамику.

### Заключение

Использование ППНС Pipeline является эффективным способом окклюзии больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии. Тем не менее указанный способ эндоваскулярного лечения больших и гигантских ПА ассоциирован с высокой частотой нежелательных явлений. Так, распространенность тромбоэмболических и геморрагических осложнений составила 10,8 и 8,1% соответственно, а летальность при установке ППНС — 2,7%. Безусловно, для более объективной оценки эффективности данного способа эндоваскулярного лечения больших и гигантских ПА внутренней сонной артерии необходимо проведение крупных мультицентровых исследований на большем количестве респондентов с детальным анализом состояния сосудисто-тромбоцитарного гемостаза, конфигурации несущего аневризму сосуда, диаметра шейки аневризм, а также оценки состояния коллатерального церебрального кровотока с целью снижения рисков развития нежелательных явлений в интра- и послеоперационных периодах и более длительным периодом наблюдения за пациентами (не менее 5 лет).

### Источник финансирования

Исследование проведено на личные средства авторов.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

### Выражение признательности

Авторы выражают благодарность студенту лечебного факультета Иркутского государственного медицинского университета Николаю Андреевичу Тетюшкину за помощь в подготовке иллюстративного материала.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бывальцев В.А., Белых Е.Г., Степанов И.А. Выбор способа лечения церебральных аневризм различных локализаций в условиях развития современных эндоваскулярных технологий: метаанализ // *Вестник Российской академии медицинских наук*. — 2016. — Т.71. — №1 — С. 31–40. [Byval'tsev VA,

Belykh EG, Stepanov IA. The choice of the treatment method for cerebral aneurysms of different locations in the era of advanced endovascular technologies: a meta-analysis. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2016;71(1):31–40. (In Russ.) doi: 10.15690/vramn615.

2. Крылов В.В. *Хирургия аневризм головного мозга*. — М.: Медицина; 2011. — Т. I. — 432 с. [Krylov VV. *Khirurgiya anevrizm golovnoy mozga*. Vol. I. Moscow: Meditsina; 2011. 432 p. (In Russ).]
3. Wiebers DO, Whisnant JP, Huston J, 3rd, et al. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. *Lancet*. 2003;362(9378):103–110. doi: 10.1016/s0140-6736(03)13860-3.
4. Шехтман О.Д., Элиава Ш.Ш., Пилипенко Ю.В. Треппинг параклиноидных аневризм внутренней сонной артерии с интраоперационной ультразвуковой флоуметрией // *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. — 2014. — Т.78. — №5 — С. 16–22. [Shekhtman OD, Eliava ShSh, Pilipenko YuV. Trapping of large and giant paraclinoid aneurysms based on intraoperative flowmetry test. *Zh Vopr Neurokhir im N N Burdenko*. 2014;78(5):16–22. (In Russ).]
5. Barrow DL, Alleyne C. Natural history of giant intracranial aneurysms and indications for intervention. *Clin Neurosurg*. 1995;42:214–244.
6. Adeeb N, Griessenauer CJ, Shallwani H, et al. Pipeline embolization device in treatment of 50 unruptured large and giant aneurysms. *World Neurosurg*. 2017;105:232–237. doi: 10.1016/j.wneu.2017.05.128.
7. Jeon HJ, Kim DJ, Kim BM, Lee JW. Pipeline embolization device for giant internal carotid artery aneurysms: 9-month follow-up results of two cases. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg*. 2014;16(2):112–118. doi: 10.7461/jcen.2014.16.2.112.
8. Kim BM, Shin YS, Baik MW, et al. Pipeline embolization device for large/giant or fusiform aneurysms: an initial multi-center experience in Korea. *Neurointervention*. 2016;11(1):10–17. doi: 10.5469/neuroint.2016.11.1.10.
9. Oh SY, Kim MJ, Kim BS, Shin YS. Treatment for giant fusiform aneurysm located in the cavernous segment of the internal carotid artery using the pipeline embolization device. *J Korean Neurosurg Soc*. 2014;55(1):32–35. doi: 10.3340/jkns.2014.55.1.32.
10. Chaisinanunkul N, Adeoye O, Lewis RJ, et al. Adopting a patient-centered approach to primary outcome analysis of acute stroke trials using a utility-weighted modified Rankin Scale. *Stroke*. 2015;46(8):2238–2243. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.008547.
11. Williams JR. The Declaration of Helsinki and public health. *Bull World Health Organ*. 2008;86(8):650–652. doi: 10.2471/blt.08.050955.
12. Ertinan N, Beseoglu K, Barrow DL, et al. Multidisciplinary consensus on assessment of unruptured intracranial aneurysms: proposal of an international research group. *Stroke*. 2014;45(5):1523–1530. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.004519.
13. Griessenauer CJ, Adeeb N, Foreman PM, et al. Impact of coil packing density and coiling technique on occlusion rates for aneurysms treated with stent-assisted coil embolization. *World Neurosurg*. 2016;94:157–166. doi: 10.1016/j.wneu.2016.06.127.
14. Калиев А.Б. Эндоваскулярная хирургия сложных аневризм внутренней сонной артерии // *Нейрохирургия и неврология Казахстана*. — 2016. — №1 — С. 19–23. [Kaliyev AB. Endovascular treatment of complex aneurysms of the internal carotid artery. *Neirokhirurgiya i neurologiya Kazakhstana*. 2016;(1):19–23. (In Russ).]
15. Sluzewski M, Menovsky T, van Rooij WJ, Wijnalda D. Coiling of very large or giant cerebral aneurysms: Long-term clinical and serial angiographic results. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2003;24(2):257–262.
16. Gruber A, Killer M, Bavinski G, Richling B. Clinical and angiographic results of endosaccular coiling treatment of giant and very large intracranial aneurysms: a 7-year, single-center experience. *Neurosurgery*. 1999;45(4):793–803. doi: 10.1097/00006123-199910000-00013.
17. Molyneux AJ, Ellison DW, Morris J, Byrne JV. Histological findings in giant aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. Report of two cases with autopsy correlation. *J Neurosurg*. 1995;83(1):129–132. doi: 10.3171/jns.1995.83.1.0129.
18. Szikora I, Turanyi E, Marosfoi M. Evolution of flow-diverter endothelialization and thrombus organization in giant fusiform aneurysms after flow diversion: a histopathologic study. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2015;36(9):1716–1720. doi: 10.3174/ajnr.A4336.
19. Lv X, Ge H, He H, et al. A systematic review of pipeline embolization device for giant intracranial aneurysms. *Neurol India*. 2017;65(1):35–38. doi: 10.4103/0028-3886.198200.
20. Nelson PK, Lylyk P, Szikora I, et al. The pipeline embolization device for the intracranial treatment of aneurysms trial. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2011;32(1):34–40. doi: 10.3174/ajnr.A2421.
21. Becske T, Kallmes DF, Saatici I, et al. Pipeline for uncoilable or failed aneurysms: results from a multicenter clinical trial. *Radiology*. 2013;267(3):858–868. doi: 10.1148/radiol.13120099.
22. Brinjikji W, Murad MH, Lanzino G, et al. Endovascular treatment of intracranial aneurysms with flow diverters: a meta-analysis. *Stroke*. 2013;44(2):442–447. doi: 10.1161/Strokeaha.112.678151.
23. Hoh BL, Hosaka K, Downes DP, et al. Stromal cell-derived factor-1 promoted angiogenesis and inflammatory cell infiltration in aneurysm walls. *J Neurosurg*. 2014;120(1):73–86. doi: 10.3171/2013.9.JNS122074.
24. Chalouhi N, Ali MS, Jabbour PM, et al. Biology of intracranial aneurysms: role of inflammation. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2012;32(9):1659–1676. doi: 10.1038/jcbfm.2012.84.
25. Rouchaud A, Ramana C, Brinjikji W, et al. Wall apposition is a key factor for aneurysm occlusion after flow diversion: a histologic evaluation in 41 rabbits. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2016;37(11):2087–2091. doi: 10.3174/ajnr.A4848.
26. Kadirvel R, Ding YH, Dai DY, et al. Cellular mechanisms of aneurysm occlusion after treatment with a flow diverter. *Radiology*. 2014;270(2):394–399. doi: 10.1148/radiol.13130796.

### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Бывальцев Вадим Анатольевич**, доктор медицинских наук, профессор, главный нейрохирург Дирекции здравоохранения ОАО «РЖД»; руководитель Центра нейрохирургии Дорожной клинической больницы на ст. Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД-Медицина»; заведующий курсом нейрохирургии Иркутского государственного медицинского университета; заведующий научно-клиническим отделом нейрохирургии и ортопедии Иркутского научного центра хирургии и травматологии; профессор кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии Иркутской государственной медицинской академии последипломного образования  
**Адрес:** 664082, Иркутск, ул. Боткина, д. 10, **тел.:** +7 (3952) 63-85-28, **e-mail:** byval75vadim@yandex.ru,  
**SPIN-код:** 5996-6477, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4349-7101>

**Махамбетов Ербол Таргынвич**, кандидат медицинских наук, заведующий отделением сосудистой и функциональной нейрохирургии Национального центра нейрохирургии г. Астаны  
**Адрес:** 010000, Казахстан, Астана, проспект Туран, д. 34, **тел.:** +7 (7172) 62-11-00, **e-mail:** yermakh@gmail.com, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7451-8756>

**Степанов Иван Андреевич**, аспирант курса нейрохирургии Иркутского государственного медицинского университета  
**Адрес:** 664003, Иркутск, ул. Красного Восстания, д. 14, **тел.:** +7 (3952) 63-88-30, **e-mail:** edmoilers@mail.ru, **SPIN-код:** 5485-5316,  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9039-9147>

**Асылбек Калиев Бактбекович**, врач-нейрохирург отделения сосудистой и функциональной нейрохирургии Национального центра нейрохирургии г. Астаны  
**Адрес:** 010000, Казахстан, Астана, проспект Туран, д. 34, **тел.:** +7 (7172) 62-11-00, **e-mail:** Asylbek.Kaliyev@nmh.kz, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9039-85673>

**Серик Куандыкович Акишулаков**, доктор медицинских наук, профессор, академик Национальной академии наук Казахстана, председатель правления Национального центра нейрохирургии г. Астаны, главный внештатный нейрохирург Казахстана  
**Адрес:** 010000, Казахстан, Астана, проспект Туран, д. 34, **тел.:** +7 (7172) 62-11-00, **e-mail:** neuroclinic@nmh.kz,  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9039-85673>