

# РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОТОКПЕРЕНАПРАВЛЯЮЩИХ СТЕНТОВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ИНТРАКРАНИАЛЬНЫХ АНЕВРИЗМ

А. О. Соснов, В. С. Киселев, Р. Р. Гафуров, А. М. Перфильев

ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Новосибирск);  
Россия, 630087 Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 132/1

Контакты: Алексей Олегович Соснов a\_sosnov@neuronsk.ru

**Цель исследования** — оценить эффективность хирургического лечения аневризм сосудов головного мозга с применением потокперенаправляющих стентов (ППС).

**Материалы и методы.** В Федеральном центре нейрохирургии (Новосибирск) за 2016 г. в плановом порядке прооперировано 64 пациента (11 мужчин, 53 женщины, средний возраст  $50,1 \pm 11,4$  года) с интракраниальными аневризмами; установлены 69 ППС. Общее число выключенных аневризм составило 64.

**Результаты.** При ангиографическом контроле через 6 мес установлено, что тотальная окклюзия аневризм достигнута в 71 % случаев, субтотальная — в 29 %. Отличный и хороший функциональный исход (0–2 по модифицированной шкале Рэнкина) наблюдался у 60 (93,7 %) пациентов, плохой (3–5 по шкале Рэнкина) — у 4 (6,3 %). Частота осложнений составила 4,7 %, летальность — 0 %.

**Заключение.** Установка ППС — эффективный метод лечения аневризм сосудов головного мозга, особенно в тех случаях, когда использование альтернативных эндоваскулярных методов несет высокий риск реканализации, а микрохирургические методы — повышенный операционный риск.

**Ключевые слова:** потокперенаправляющие стенты, лечение аневризм сосудов головного мозга, PED, SFD, FRED

**Для цитирования:** Соснов А.О., Киселев В.С., Гафуров Р.Р., Перфильев А.М. Результаты применения потокперенаправляющих стентов при лечении интракраниальных аневризм. *Нейрохирургия* 2018;20(2):27–34.

DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-2-27-34

## Flow diverting stents in the treatment of intracranial aneurysms

A.O. Sosnov, V.S. Kiselev, R.R. Gafurov, A.M. Perfiliev

Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk), Ministry of Health of Russia; 132/1 Nemirovicha-Danchenko St.,  
Novosibirsk 630087, Russia

**The study objective** is to evaluate the effectiveness of surgical treatment of intracranial aneurysms with the use of flow diverting stents (FDS).

**Materials and methods.** In 2016, in the Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk) 64 patients (11 men, 53 women, mean age —  $50.1 \pm 11.4$  years) with intracranial aneurysms were operated on; 69 FDS were implanted. Total number of occluded aneurysms 64.

**Results.** The digital subtraction angiography control after 6 months demonstrated, that the total occlusion rate with was in 71 % cases, sub-total — in 29 %. An excellent and good functional outcome (modified Rankin scale 0–2) was obtained in 60 (93.7 %) patients, poor (modified Rankin scale 3–5) — in 4 (6.3 %). Complications rate were 4.7 %, death rate — 0 %.

**Conclusion.** The implantation of FDSs is an effective method for the treating of cerebral aneurysms, including cases, when using alternative endovascular techniques has a high risk of recanalization, and the microsurgical treatment has an increased operating risk.

**Key words:** flow diverting stents, treating of cerebral aneurysms, PED, SFD, FRED

**For citation:** Sosnov A.O., Kiselev V.S., Gafurov R.R., Perfiliev A.M. Flow diverting stents in the treatment of intracranial aneurysms. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2018;20(2):27–34.

## ВВЕДЕНИЕ

Микрохирургический и эндоваскулярный методы в хирургии аневризм сосудов головного мозга развиваются параллельно с момента появления отделяемого баллона Сербиненко [1] и затем отделяемых спиралей Guglielmi [2]. Несмотря на неутрачивающие споры о преимуществах того или иного метода, основной задачей любого вмешательства остается радикальное выключение аневризмы из кровотока с наименьшим риском в конкретной клинико-анатомической ситуации [3–5].

Эволюция эндоваскулярного лечения аневризм сосудов головного мозга преодолела несколько этапов. Применение отделяемых микроспиралей стало прорывом в хирургии аневризм, но по мере накопления клинического опыта обозначились недостатки метода, а именно высокая частота реканализации. Баллонное ремоделирование и стентирование позволили значительно увеличить степень окклюзии по сравнению с таковой при эмболизации аневризмы микроспиралами без применения ассистирующих методик [5, 6].

Разработка новых способов лечения всегда преследовала цель безопасно повысить радикальность выключения аневризмы из кровотока. Основными факторами риска реканализации оставались большие размеры шейки и купола аневризмы. С появлением в эндоваскулярной практике потокперенаправляющих стентов (ППС) стали появляться сообщения о высокой эффективности и относительной безопасности их применения в лечении аневризм с подобными характеристиками. В результате вмешательства с использованием ППС утвердились в качестве альтернативы микрохирургическому лечению, а также применению спиралей Guglielmi с ассистирующими методами [3, 4, 7–9].

**Цель исследования** – оценить эффективность хирургического лечения аневризм сосудов головного мозга с применением ППС. Интерес представляют клинические и ангиографические результаты лечения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С января по декабрь 2016 г. в «Федеральном центре нейрохирургии» (Новосибирск) с применением ППС прооперированы 64 пациента с аневризмами сосудов головного мозга (11 мужчин, 53 женщины); установлены 69 ППС. Выбор периода наблюдения обусловлен появлением новых ППС в нашем арсенале. Возраст больных варьировал от 27 до 67 лет (в среднем 50,1 ± 11,4 года). Все операции носили плановый характер.

Множественные аневризмы обнаружены у 20 пациентов (31,3 %). Аневризмы переднего отдела виллизьева круга составили 82,8 %, вертебробазиллярного бассейна – 17,2 % (табл. 1).

Дооперационная оценка функционального состояния была проведена по модифицированной шкале Рэнкина (modified Rankin Scale, mRS). На момент

**Таблица 1.** Характеристики выявленных аневризм

Table 1. Characteristics of detected aneurysms

Характеристика Characteristic	Число случаев, абс. Number of cases, abs.
<b>Локализация:</b> Location:	
кавернозные cavernous	14
офтальмические ophthalmic	26
супраклиноидные supraclinoid	11
средней мозговой артерии middle cerebral artery	1
передней мозговой артерии anterior cerebral artery	1
сегмента V4 позвоночной артерии V4 segment of the vertebral artery	5
слияния позвоночных артерий merging of vertebral arteries	3
ствола основной артерии trunk of the main artery	1
сегмента P2 задней мозговой артерии P2 segment of the posterior cerebral artery	1
верхней мозжечковой артерии superior cerebellar artery	1
<b>Форма:</b> Shape:	
мешотчатые saccular	48
фузиформные fusiform	16
<b>Размер:</b> Size:	
обычные (4–14 мм) small (4–14 mm)	41
большие (15–24 мм) large (15–24 mm)	11
гигантские (>25 мм) giant (>25 mm)	12
<b>Тип манифестации:</b> Manifestations:	
геморрагический hemorrhagic	12
ишемический ischemic	7
парез черепных нервов paresis of cranial nerves	17
асимптомное течение asymptomatic	28

госпитализации у 16 (25 %) пациентов имелся неврологический дефицит различной степени выраженности, а у 48 (75 %) исходного неврологического дефицита не выявлено (табл. 2).

Аневризмы большого и гигантского размера обнаружены в 23 (36 %) случаях. Из 41 аневризмы обычного размера 34 были больше 5 мм. Примечательно, что в кавернозном отделе встречались преимущественно аневризмы большого и гигантского размеров – 11 (78,6 %) случаев, а в офтальмическом отделе преобладали аневризмы обычного размера – 24 (92,3 %) случая, что представлено на рис. 1 (для упрощения

**Таблица 2.** Дооперационная оценка функционального состояния пациентов по модифицированной шкале Рэнкина

**Table 2.** Preoperative assessment of patients' functional state using the modified Rankin Scale

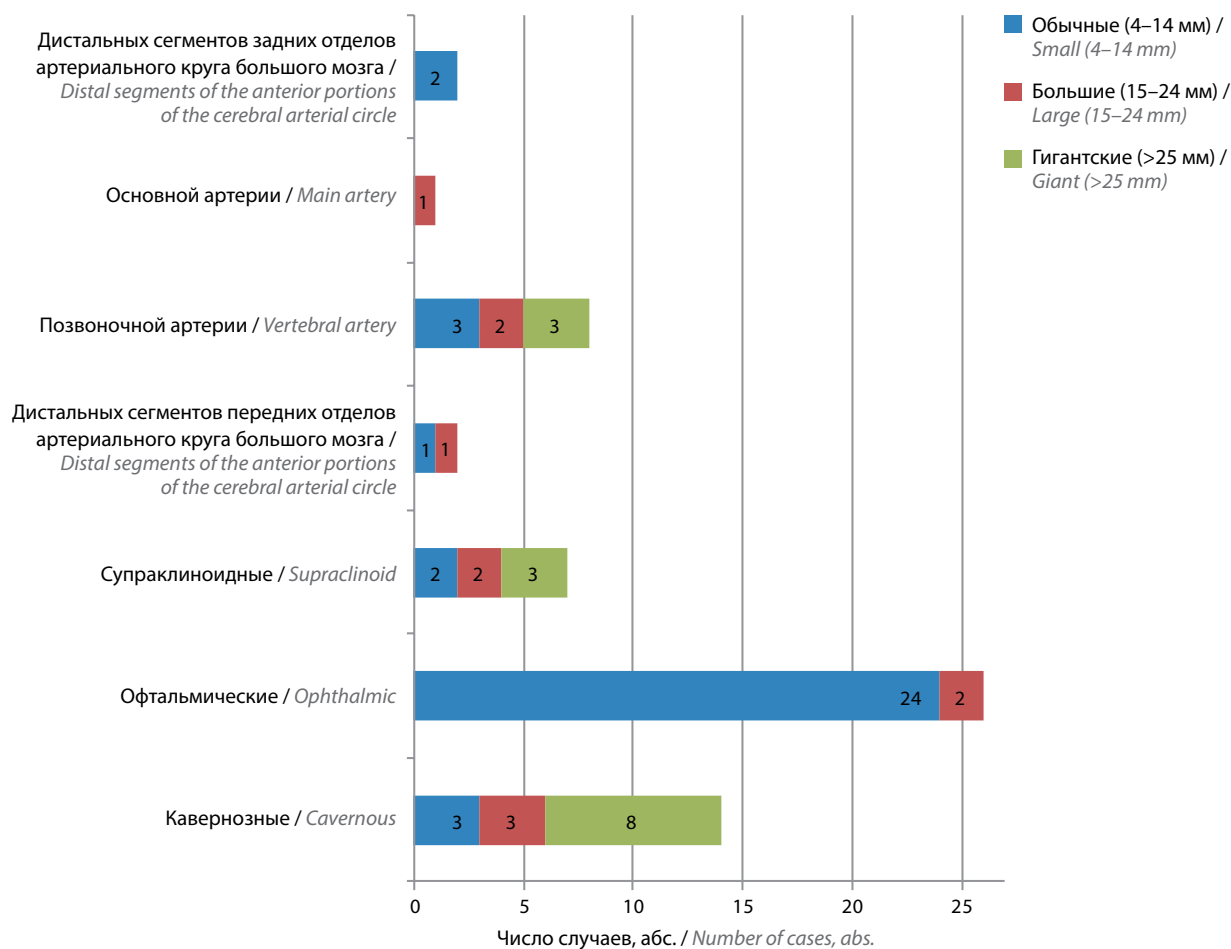
Градация Gradation	Число случаев Number of cases	
	абс. abs.	%
0	48	75,0
1	12	18,6
2	1	1,6
3	2	3,2
4	1	1,6

восприятия дистальные аневризмы переднего и заднего отделов артериального круга большого мозга, представленные единичными случаями, а также аневризмы сегмента V4 позвоночной артерии и места их слияния объединены в группы). Аневризмы передних отделов выявлены в 53 (82,8 %) случаях, задних – в 11 (17,2 %).

На момент поступления 25 (39 %) пациентов перенесли в различные сроки хирургическое вмешательство какого-либо типа, в том числе комбинированное: 5 (7,8 %) – микрохирургическую операцию, 20 (31,2 %) – эндоваскулярное лечение. Впервые были госпитализированы для проведения операции 39 (61,0 %) пациентов.

Показаниями к применению ППС стали сложная архитектура аневризмы, широкая шейка, большой размер, труднодоступная локализация, прогнозируемые технические затруднения и повышенный риск разрыва при использовании альтернативных хирургических методов. Аргументом в пользу использования ППС также было проведенное ранее хирургическое лечение с исходной низкой радикальностью или реканализация ранее выключенной аневризмы.

Применяли 3 различных высокопрофильных ППС: 34 (49,3 %) стента Pipeline Embolization Device (PED) (Covidien, США) у 33 пациентов; 17 (24,6 %) стентов Silk Flow Diverter (SFD) (Balt Extrusion, Франция) у 15 пациентов; 18 (26,1 %) стентов Flow Re-direction Endoluminal Device (FRED) (Microvention, США) у 16 пациентов.



**Рис. 1.** Распределение аневризм в зависимости от размера и локализации

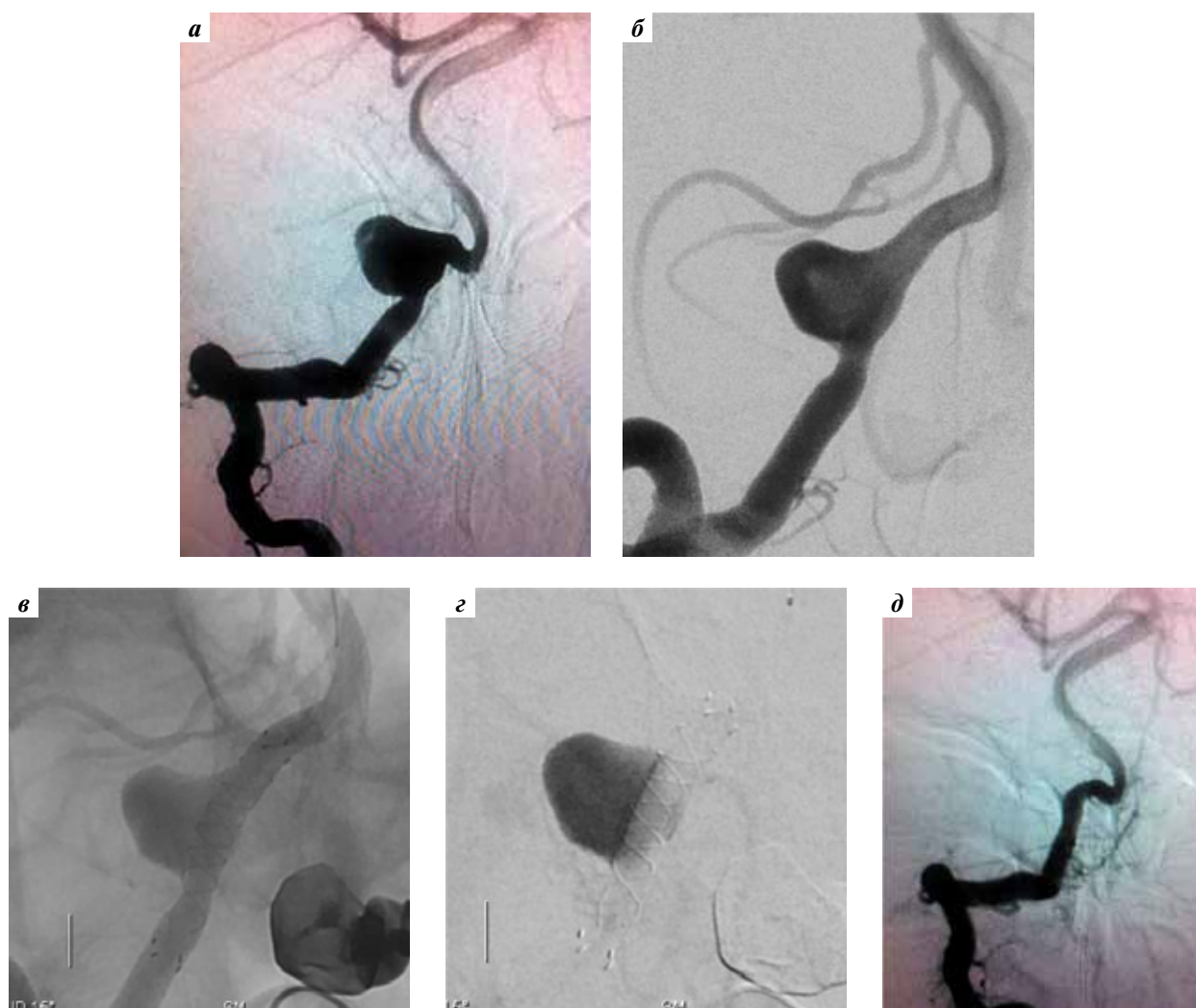
**Fig. 1.** Distribution of aneurysms according to their size and location

Все вмешательства проходили на фоне двойной дезагрегантной терапии (аспирин в дозе 100 мг/сут, клопидогрель в дозе 75 мг/сут) с лабораторным подтверждением чувствительности. В случае отсутствия ответа на один из препаратов либо увеличивали дозу аспирина до 200 мг/сут, либо заменяли клопидогрель на бриленту в дозе 90 мг 2 раза в сутки. В послеоперационном периоде всем пациентам назначали пролонгированную двойную дезагрегантную терапию в установленной дозе на срок 6 мес с последующей отменой клопидогреля и постоянным приемом аспирина в той же дозе.

Контрольную селективную церебральную ангиографию (ЦАГ) выполняли в конце каждого оперативного вмешательства (рис. 2). В раннем послеопераци-

онном периоде оценивали неврологический статус. Наблюдение пациентов в послеоперационном периоде заключалось в проведении промежуточной контрольной селективной ЦАГ через 6 мес и оценке функционального состояния больного. После этого переводили пациентов с двойной дезагрегантной терапии на монотерапию. При выявлении сохраняющегося кровотока в аневризме контрольную ЦАГ повторяли через 6 мес после отмены двойной терапии дезагрегантами. В случае тотальной окклюзии контрольную селективную ЦАГ рекомендовали провести через 36 мес.

Функциональный исход оценивали по модифицированной шкале Рэнкина. Исходы признавали отличными или хорошими при оценке 0–2 балла по mRS,



**Рис. 2.** Клинический пример лечения аневризмы V4-сегмента правой позвоночной артерии при помощи потокперенаправляющего стента FRED: а – дооперационная селективная церебральная ангиография (ЦАГ), интактная аневризма; б – интраоперационная ЦАГ до установки стента; в – ЦАГ после имплантации, тень стента в проекции аневризмы; г – стагнация контрастного вещества в аневризме после имплантации стента; д – контрольная селективная ЦАГ через 6 мес после операции, аневризма не контрастируется

**Fig. 2.** Treatment of an aneurysm of the V4 segment of the right vertebral artery using the FRED flow diverting stent (clinical example): а – preoperative selective cerebral angiography (CA), intact aneurysm; б – intraoperative CA prior to stent placement; в – CA after implantation, stent shadow in the area of aneurysm; г – contrast agent stagnation in the aneurysm after stent implantation; д – follow-up selective CA 6 months postoperatively, aneurysm is not visualized

плохими – при оценке 3–5 баллов по mRS. Отдаленные результаты оценивали через 6 и 12 мес при контрольном осмотре в поликлинике Федерального центра нейрохирургии (Новосибирск) или при заочной консультации через сайт центра (по данным селективных ЦАГ).

Для оценки степени выключения аневризмы использована шкала Raymond–Roy (Raymond–Roy Occlusion Classification): I – полная окклюзия аневризмы, II – остаточная шейка, III – остаточная аневризма.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

За представленный период установили 69 ППС у 64 пациентов. В зависимости от клинко-анатомической ситуации выбирали вариант стентирования. В подавляющем большинстве случаев – в 52 (81,3 %) – применяли только ППС без дополнительных эндоваскулярных устройств. Комбинация установки ППС с эмболизацией микроспиральями потребовалась в 5 (7,8 %) случаях, ассистирующий стент установлен в 2 (3,1 %) случаях, дополнение ППС ассистирующим стентом и спиралями Guglielmi выполнено в 5 (7,8 %) случаях.

Установку 2 ППС у 1 пациента выполнили в 5 (7,8 %) случаях. При сохраняющемся частичном заполнении аневризмы на контрольной ЦАГ в 1 случае к первоначально установленному стенту PED добавили стент FRED, в 2 случаях к стенту SFD добавили стент PED. Для лечения множественных аневризм различной локализации у 1 пациента использовали 2 стента SFD. Одновременно 2 стента PED телескопически установлены в 1 случае.

Промежуточную оценку радикальности лечения провели в 31 (48,4 %) случае; 33 (51,6 %) пациента

ожидают контрольного обследования. Это объясняется длительностью периода наблюдения до выполнения 1-й контрольной ЦАГ (согласно принятому в центре протоколу). Таким образом, выключение аневризмы I степени по шкале Raymond–Roy констатировано в 22 (71 %) случаях. Соотношение степени радикальности и типа ППС приведено в таблице 3.

При обобщении результатов отмечены следующие интраоперационные технические сложности: неблагоприятная для катетеризации ангиоархитектоника; выраженная патологическая извитость вплоть до петлеобразования, стеноз, окклюзия, атеросклеротические изменения сосуда; контракция стента при установке, необходимость установки ассистирующих стентов, спиралей Guglielmi. Данные сложности наблюдались у 16 (25 %) пациентов. Хирургические риски реализовались в виде осложнений в 3 (18,8 %) из 16 вмешательств. Из них в 2 случаях обнаружили анатомические предикторы технических сложностей, потребовавшие использования нескольких дополнительных устройств, а именно гайд-интродьюсеров, ассистирующих стентов, дополнительных ППС. Это в совокупности со спецификой строения сосудов и локализации аневризмы привело к развитию осложнений. Одно непрогнозируемое осложнение было связано с растяжением стента во время установки.

В случае отсутствия интраоперационных технических сложностей осложнений не возникло. Острые нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу развились у 2 (3,1 %) пациентов. В 1 случае это произошло в результате тромбоза ППС (был использован стент SFD). Функциональное состояние данного пациента соответствовало 4 баллам по mRS. Причиной 2-го ишемического инсульта стал тромбоз перфорантных ветвей основной артерии при стентировании фузиформной аневризмы основной артерии; исход соответствовал 5 баллам по mRS. Частота геморагических осложнений составила 1,6 %. У 1 пациента произошло субарахноидальное кровоизлияние вследствие манипуляционного повреждения перфорантной ветви передней мозговой артерии. Симптоматика на фоне лечения полностью регрессировала, больной выписан с оценкой функциональных нарушений 0 баллов по mRS.

Исходы оценены по mRS: отличный исход (0 баллов) – в 48 (75 %) случаях, хороший (1–2 балла) – в 12 (18,7 %), плохой (3–5 баллов) – в 4 (6,3 %) (табл. 4). Летальных исходов не было.

Усугубление неврологического дефицита имело место у 2 пациентов с осложнениями в послеоперационном периоде. Исходы, оцененные в 3 и 4 балла по mRS, в 2 случаях имели аналогичную оценку до операции. В 1 случае пациент с оценкой 4 балла по mRS при дистанционном анкетировании сообщил о значительной положительной динамике и снижении степени функциональной утраты до 3 баллов по mRS.

**Таблица 3.** Распределение пациентов в зависимости от степени радикальности выключения аневризмы по шкале Raymond–Roy и типа потокперенаправляющего стента

**Table 3.** Distribution of patients according to Raymond–Roy Occlusion Classification of intracranial aneurysms and flow diverting stent type

Стент Stent	Число случаев Number of cases			
	Raymond – Roy I		Raymond – Roy II	
	абс. abs.	%	абс. abs.	%
Pipeline Embolization Device (Covidien, США), n = 17	12	70,6	5	29,4
Silk Flow Diverter (Balt Extrusion, Франция), n = 7	3	42,9	4	57,1
Flow Re-direction Endoluminal Device (Microvention, США), n = 7	7	100,0	0	0
<i>Всего</i> <i>Total</i>	22	71,0	9	29,0

В раннем послеоперационном периоде регресс болевого синдрома наблюдался у больного с вторичной тригеминальной невралгией при аневризме сегмента V4 позвоночной артерии (табл. 5).

Таблица 4. Оценка исходов лечения по модифицированной шкале Рэнкина

Table 4. Assessment of treatment outcomes using the modified Rankin Scale

Градация Gradation	Число случаев Number of cases	
	абс. abs.	%
0	48	75,0
1	11	17,1
2	1	1,6
3	1	1,6
4	2	3,1
5	1	1,6

Таблица 5. Сравнение неврологического состояния пациентов до и после операции по модифицированной шкале Рэнкина (mRS) абс. (%)

Table 5. Comparison of patients' neurological status before and after surgery using the modified Rankin Scale (mRS) abs. (%)

До операции Before surgery	После операции After surgery					
	mRS 0	mRS 1	mRS 2	mRS 3	mRS 4	mRS 5
mRS 0	47 (73,3)	0	0	0	1 (1,6)	0
mRS 1	1 (1,6)	11 (17,1)	0	0	0	0
mRS 2	0	0	1 (1,6)	0	0	0
mRS 3	0	0	0	1 (1,6)	0	1 (1,6)
mRS 4	0	0	0	0	1 (1,6)	0
mRS 5	0	0	0	0	0	0

## ОБСУЖДЕНИЕ

На данный момент ППС нашли широкое применение в практике нейроэндovasкулярных хирургов. Данные о сложностях при установке ППС, развившихся осложнениях и их предикторах, зависимости частоты возникающих проблем от уровня обученности хирурга обобщены в нескольких обзорах и метаанализах [7–14]. Рост частоты применения ППС и постепенное расширение показаний к нему инициировали исследование FIAT (Flow Diversion in Intracranial Aneurysm Treatment) в 2011 г. в Канаде. Полученные результаты оказались менее оптимистичными, чем ожидалось [7, 15]. Несмотря на это, применение ППС для лечения аневризм сосудов головного мозга не потеряло своей актуальности.

Предикторами технических сложностей в источниках названы большие и гигантские размеры анев-

ризмы, локализация в заднем отделе виллизиева круга [8, 12, 16–18]. В представленной нами серии наблюдений частота осложнений составила 4,7 %, что гораздо ниже данных литературы (9,3–14 %) [7, 17]. Среди пациентов с осложнениями у 2 обнаружены гигантские аневризмы, из которых 1 локализовалась в вертебробазилярном бассейне. Осложненное течение послеоперационного периода у пациентов с аневризмами переднего отдела артериального круга головного мозга наблюдалось в 3,8 % случаев, в задних отделах виллизиева многоугольника – в 9,1 %. Частота осложнений при операциях на аневризмах, локализованных в задних отделах, по опубликованным сведениям, составила 9,7 % [8]. В научной периодике имеются сообщения о сохраняющемся риске разрыва аневризмы при использовании ППС.

Частота кровоизлияний составила от 0 до 10 % в разных исследованиях [7, 16, 19]. В описанной нами группе пациентов зафиксировано 1 (1,6 %) осложнение геморрагического характера, обусловленное манипуляционным повреждением перфорантной ветви. Кровоизлияний, связанных с разрывом аневризмы или проведением дезагрегантной терапии, не наблюдалось.

Частота острых нарушений мозгового кровообращения ишемического типа в ряде источников составляет 4,7 % [8, 19]. В нашей серии данный вид осложнений развился у 2 (3,1 %) пациентов, что не превышает статистические данные.

Радикальность выключения аневризм варьирует в различных сообщениях от 50 до 95 % за 6 мес [16]. По данным разных авторов, степень радикальности зависит от вида имплантируемого устройства. Так, при сравнении результатов по истечении 6 мес с использованием стентов PED и SFD установлено, что последний имеет более низкую частоту радикальной окклюзии [5, 7]. В нашей серии наблюдений при установке стента SFD радикальность также была ниже (42,9 % totally excluded aneurysms), чем при установке PED (70,6 %). Данных о применении FRED значительно меньше ввиду недавнего появления этого устройства в нейроинтервенционной практике. По результатам опубликованных наблюдений, радикальность при использовании данного ППС на этапе 6-месячного ангиографического контроля находится в диапазоне от 75 до 86 % [18, 20]. В нашем исследовании количество totally excluded aneurysms при использовании стента FRED через 6 мес составило 100 %.

Необходимо заметить, что 1-я контрольная ЦАГ проводилась на фоне двойной дезагрегантной терапии с последующей отменой клопидогреля. В этом случае контрольная ЦАГ служит отправной точкой для перевода пациента на дезагрегантную монотерапию. Для оценки динамики окклюзии аневризм всем пациентам рекомендовано проведение селективной ЦАГ через 12 мес. Клинические результаты, оцененные по шкале mRS, оптимистичны. Нарастание

неврологического дефицита наблюдалось только в 2 (3,1 %) случаях, летальность составила 0 %, что соответствует данным литературы о развитии стойкого неврологического дефицита в 0–15 % случаев и наступлении летального исхода в 0–8 % случаев [7, 10, 11, 20]. Исходный стойкий неврологический дефицит имели 2 пациента. Регресс исходной неврологической симптоматики произошел у 1 (1,6 %) больного в раннем послеоперационном периоде.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты данного исследования характеризуют установку ППС как относительно безопасный и эффективный метод лечения аневризм головного мозга различных локализаций и размеров. Применение ППС можно рекомендовать как метод выбора хирургического лечения аневризм большого и гигантского размеров. Использование ППС при аневризмах заднего бассейна головного мозга требует тщательного планирования.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Serbinenko F.A. Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg* 1974;41(2):125–45. DOI: 10.3171/jns.1974.41.2.0125. PMID: 4841872.
- Guglielmi G., Viñuela F., Sepetka I., Macellari V. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part I: electrochemical basis, technique, and experimental results. *J Neurosurg* 1991;75(1):1–7. DOI: 10.3171/jns.1991.75.1.0001. PMID: 2045891.
- Хейреддин А. С., Яковлев С. Б., Филатов Ю. М. и др. Пошаговое лечение множественных аневризм головного мозга с использованием хирургических и эндоваскулярных методов. Журнал «Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко» 2012;76(5):20–9. [Kheyreddin A.S., Yakovlev S.B., Filatov Yu.M. et al. Stepwise treatment of multiple cerebral aneurysms utilizing surgical and endovascular techniques. *Zhurnal "Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko" = Problems of Neurosurgery n. a. N.N. Burdenko* 2012;76(5):20–9. (In Russ.)].
- Brinjikji W., Murad M.H., Lanzino G. et al. Endovascular treatment of intracranial aneurysms with flow diverters: a meta-analysis. *Stroke* 2013;44(2):442–7. DOI: 10.1161/STROKEAHA.112.678151. PMID: 23321438.
- Saatci I., Yavuz K., Ozer C. et al. Treatment of intracranial aneurysms using the pipeline flow-diverter embolization device: a single-center experience with long-term follow-up results. *AJNR Am J Neuroradiol* 2012;33(8):1436–46. DOI: 10.3174/ajnr.A3246. PMID: 22821921.
- Yang H., Sun Y., Jiang Y. et al. Comparison of stent-assisted coiling vs coiling alone in 563 intracranial aneurysms: safety and efficacy at a high-volume center. *Neurosurgery* 2015;77(2):241–7. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000765. PMID: 25856112.
- Breu A.K., Hauser T.K., Ebner F.H. et al. Morphologic and clinical outcome of intracranial aneurysms after treatment using flow diverter devices: mid-term follow-up. *Radiol Res Pract* 2016;2016:2187275. DOI: 10.1155/2016/2187275. PMID: 27006830.
- Briganti F., Leone G., Marseglia M. et al. Endovascular treatment of cerebral aneurysms using flow-diverter devices: a systematic review. *Neuroradiol J* 2015;28(4):365–75. DOI: 10.1177/1971400915602803. PMID: 26314872.
- Yao P.F., Yu Y., Yang P.F. et al. Safety and long-term efficacy of endovascular treatment of small posterior communicating artery aneurysms by coiling with or without stent: a single center retrospective study. *Clin Neurol Neurosurg* 2013;115(12):2502–7. DOI: 10.1016/j.clineuro.2013.10.005. PMID: 24210269.
- Arrese I., Sarabia R., Pintado R., Delgado-Rodriguez M. Flow-diverter devices for intracranial aneurysms: systematic review and meta-analysis. *Neurosurgery* 2013;73(2):193–9. DOI: 10.1227/01.neu.0000430297.17961.fl. PMID: 23624409.
- Briganti F., Leone G., Uggla L. et al. Safety and efficacy of flow re-direction endoluminal device (FRED) in the treatment of cerebral aneurysms: a single center experience. *Acta Neurochir(Wien)* 2016;158(9):1745–55. DOI: 10.1007/s00701-016-2875-4. PMID: 27357157.
- Siddiqui A.H., Kan P., Abla A.A. et al. Complications after treatment with pipeline embolization for giant distal intracranial aneurysms with or without coil embolization. *Neurosurgery* 2012;71(2):E509–13. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318258e1f8. PMID: 22710418.
- Turowski B., Macht S., Kulcsár Z. et al. Early fatal hemorrhage after endovascular cerebral aneurysm treatment with a flow diverter (SILK-Stent): do we need to rethink our concepts? *Neuroradiology* 2011;53(1):37–41. DOI: 10.1007/s00234-010-0676-7. PMID: 20339842.
- Yu S.C., Kwok C.K., Cheng P.W. et al. Intracranial aneurysms: midterm outcome of pipeline embolization device – a prospective study in 143 patients with 178 aneurysms. *Radiology* 2012;265(3):893–901. DOI: 10.1148/radiol.12120422. PMID: 22996749.
- Colby G.P., Lin L.M., Caplan J.M. et al. Immediate procedural outcomes in 44 consecutive Pipeline Flex cases: the first North American single-center series. *J Neurointerv Surg* 2016;8(7):702–9. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-011894. PMID: 26136500.
- Яковлев С. Б., Арустамян С. Р., Дорохов П. С. и др. Эндоваскулярное лечение крупных и гигантских внутричерепных аневризм с использованием поток-перенаправляющих стентов. Журнал «Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко» 2015;79(4):19–27. [Yakovlev S.B., Arustamyan S.R., Dorokhov P.S. et al. Endovascular treatment of large and giant intracranial aneurysms using flow-diverting stents. *Zhurnal "Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko" = Problems of Neurosurgery n. a. N.N. Burdenko* 2015;79(4):19–27. (In Russ.)].
- Lv X., Yang H., Liu P., Li Y. Flow-diverter devices in the treatment of intracranial aneurysms: A meta-analysis and systematic review. *Neuroradiol J* 2016;29(1):66–71. DOI: 10.1177/1971400915621321. PMID: 26838174.
- Raymond J., Gentric J.C., Darsaut T.E. et al. Flow diversion in the treatment of aneurysms: a randomized care trial and registry. *J Neurosurg* 2017;127(3):454–62. DOI: 10.3171/2016.4.JNS152662. PMID: 27813466.
- Kallmes D.F., Hanel R., Lopes D. et al. International retrospective study of the pipeline embolization device: a multicenter aneurysm treatment study. *AJNR Am J Neuroradiol* 2015;36(1):108–15. DOI: 10.3174/ajnr.A4111. PMID: 25355814.
- Möhlenbruch M.A., Herweh C., Jestaedt L. et al. The FRED flow-diverter stent for intracranial aneurysms: clinical study to assess safety and efficacy. *AJNR Am J Neuroradiol* 2015;36(6):1155–61. DOI: 10.3174/ajnr.A4251. PMID: 25721079.

**Вклад авторов**

А.О. Соснов: разработка дизайна исследования, проведение операций, получение данных для анализа, анализ полученных данных (включая статистический), обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;  
В.С. Киселев: разработка дизайна исследования, проведение операций, получение данных для анализа;  
Р.Р. Гафуров: проведение операций;  
А.М. Перфильев: проведение операций.

**Authors' contributions**

A.O. Sosnov: developing the research design, performing surgery, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data (including statistical), reviewing of publications of the article's theme, article writing;  
V.S. Kiselev: developing the research design, performing surgery, obtaining data for analysis;  
R.R. Gafurov: performing surgery;  
A.M. Perfilev: performing surgery.

**ORCID авторов**

А.О. Соснов: <https://orcid.org/0000-0002-1325-8460>  
В.С. Киселев: <https://orcid.org/0000-0002-7406-9874>  
Р.Р. Гафуров: <https://orcid.org/0000-0003-4767-9906>  
А.М. Перфильев: <https://orcid.org/0000-0002-4065-5736>

**ORCID of authors**

A.O. Sosnov: <https://orcid.org/0000-0002-1325-8460>  
V.S. Kiselev: <https://orcid.org/0000-0002-7406-9874>  
R.R. Gafurov: <https://orcid.org/0000-0003-4767-9906>  
A.M. Perfilev: <https://orcid.org/0000-0002-4065-5736>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Информированное согласие.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

**Informed consent.** All patients gave written informed consent to participate in the study.

**Статья поступила:** 19.12.2017. **Принята к публикации:** 23.03.2018.

**Article received:** 19.12.2017. **Accepted for publication:** 23.03.2018.