

# КОМБИНИРОВАННАЯ (ПРЯМАЯ И НЕПРЯМАЯ) РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИЯ ПРИ БОЛЕЗНИ МОЯМОЙА У ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ

К. С. Овсянников, А. В. Дубовой, Д. М. Галактионов

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

Контакты: Константин Сергеевич Овсянников k\_ovsyannikov@neuronsk.ru

**Цель исследования** — оценить результаты комбинированной (прямой и непрямой) ревакcuляризации головного мозга при болезни мойамойа у пациентов взрослого возраста.

**Материалы и методы.** С февраля 2015 г. по август 2016 г. выполнено 12 операций на 12 гемисферах у 7 пациентов (2 мужчин, 5 женщин) с болезнью мойамойа. У 6 пациентов наблюдалось билатеральное поражение, у 1 — унилатеральное. Возраст больных варьировал от 25 до 60 лет (в среднем 41 год). До операции проводили мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) с нагрузочной пробой для исследования перфузии головного мозга, МСКТ-ангиографию экстра- и интракраниальных артерий. Стадии болезни определяли по классификации Suzuki—Takaki: у 5 пациентов выявлена III стадия, у 2 — IV. Для оценки клинического течения заболевания применяли классификацию Matsushima: в 2 случаях наблюдался VI тип, в 2 — III тип, в 1 — IV и в 1 — V тип. В 1 случае патологическая сосудистая сеть одной гемисферы была обнаружена случайно. Хирургическое лечение состояло в наложении экстракраниально-интракраниального микроанастомоза (ЭИКМА) и энцефалодуромиосинангиоза (ЭДМС) в 3 случаях, двустовольного ЭИКМА и ЭДМС — в 3, двустовольного ЭИКМА и энцефалодуропериостеомиосинангиоза — в 1, ЭИКМА и энцефалодуроартериомиосинангиоза (ЭДАМС) — в 3. В 1 случае сформированы ЭИКМА и энцефалодуропериостеомиосинангиоз. На 1 гемисфере выполнена только непрямая ревакcuляризация, создан ЭДАМС. В период наблюдения (спустя 5–11 мес после вмешательства) оценивали неврологический статус, выполняли контрольную МСКТ-ангиографию и перфузионную МСКТ головного мозга.

**Результаты.** У всех пациентов в анамнезе отмечалось увеличение цереброваскулярного резерва по данным перфузионной МСКТ с нагрузочными пробами. Острых нарушений мозгового кровообращения, эпилептических приступов, хирургических осложнений не наблюдалось. В 1 случае регрессировал верхний левосторонний монопарез.

**Заключение.** Комбинированная (прямая и непрямая) ревакcuляризация может быть эффективным методом лечения болезни мойамойа у взрослых пациентов. Для получения более объективных выводов необходим анализ отдаленных результатов вмешательств.

**Ключевые слова:** болезнь мойамойа, комбинированная ревакcuляризация, прямая ревакcuляризация, непрямая ревакcuляризация

**Для цитирования:** Овсянников К. С., Дубовой А. В., Галактионов Д. М. Комбинированная (прямая и непрямая) ревакcuляризация при болезни мойамойа у взрослых пациентов. Нейрохирургия 2018;20(3):57–66.

DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-3-57-66

## Combined (direct and indirect) revascularization in adult patients with moyamoya disease

K. S. Ovsyannikov, A. V. Dubovoy, D. M. Galaktionov

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

**The study objective** is to analyze the results of combined (direct and indirect) brain revascularization in adult patients with moyamoya disease.

**Materials and methods.** From February 2015 to August 2016, 12 operations were performed on 12 hemispheres in 7 patients (2 men, 5 women) with moyamoya disease. Six patients had bilateral disease, 1 — unilateral. The age of patients ranged from 25 to 60 year old, the average — 41 year old. Multislice computed tomography (MSCT) perfusion imaging of the brain with a stress test was made in every patient, MSCT angiography of the extra- and intracranial arteries was performed. Stages of the disease were determined according to the Suzuki—Takaki classification: stage III was revealed in 5 patients, stage IV — in 2. To evaluate the clinical course of the disease the Matsushima classification was used: type VI — in 2 cases, type III — in 2, type IV — in 1, type V — in 1. In 1 case, the pathological vascular network of 1 hemisphere was detected by accident. Extracranial-intracranial (EC—IC) bypass and encephaloduromyosynangiosis (EDMS) was used in 3 cases; a double-barreled EC—IC bypass and EDMS — in 3; a double-barreled EC—IC bypass and encephaloduroperiosteomyosynangiosis — in 1; EC—IC bypass and encephaloduroarteriomyosynangiosis (EDAMS) — in 3. In 1 case was performed EC—IC bypass and encephaloduroperiosteomyosynangiosis. Only indirect revascularization was performed in 1 case — EDAMS. We assessed the neurological status in the follow-up period (5–11 months); MSCT angiography and MSCT perfusion imaging of the brain were performed.

**Results.** All patients in follow-up period demonstrated the increase of cerebrovascular reserve according to MSCT perfusion imaging

of the brain with stress tests. Stroke, epilepsy, surgical complications were not detected in the postoperative period. In 1 case, the left-hand monoparesis regressed.

**Conclusion.** The combined (direct and indirect) revascularization may be effective in adult patients with moyamoya disease. To obtain more objective conclusions it is necessary to analyze the long-term results of interventions.

**Key words:** moyamoya disease, combined revascularization, direct revascularization, indirect revascularization

**For citation:** Ovsyannikov K.S., Dubovoy A.V., Galaktionov D.M. Combined (direct and indirect) revascularization in adult patients with moyamoya disease. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2018;20(3):57–66.

## ВВЕДЕНИЕ

Одна из нечастых и малоизученных причин развития острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) — болезнь мойамойа. Это редкое идиопатическое хроническое цереброваскулярное заболевание, характеризующееся прогрессирующим стенозом интракраниальных сегментов внутренних сонных артерий (ВСА) вплоть до их окклюзии с возможным вовлечением мозговых артерий любой циркуляции. Образующаяся специфическая сеть тонких сосудов имеет на ангиограммах вид легкой дымки.

Встречаемость заболевания наиболее высока в Японии (0,35 случая на 100 тыс. человек) [1], в США она составляет 0,086 случая на 100 тыс. человек [2]. Соотношение мужчин и женщин — 1:2 [1]. Данные о частоте этого заболевания в России отсутствуют [3].

Болезнь мойамойа может манифестировать транзиторной ишемической атакой (ТИА), ишемическим инсультом, геморрагическим инсультом в виде субарахноидального, вентрикулярного, паренхиматозного кровоизлияния [4–9], эпилептическими припадками [3, 10, 11] или сочетанием данных клинических форм [12, 13].

По мнению многих авторов, метод выбора для лечения болезни мойамойа — микрохирургическая ревазуляризация головного мозга. Прямая ревазуляризация включает создание микроанастомоза между системами наружных артерий головы и артериями головного мозга, непрямая ревазуляризация — создание условий для прорастания сосудов *de novo* путем соприкосновения различных васкуляризированных тканей головы с корой головного мозга. Сочетание этих методик — комбинированная ревазуляризация [14–19]. Вопрос об оптимальном методе ревазуляризации на сегодняшний день остается открытым.

**Цель исследования** — оценить результаты комбинированной (прямой и непрямой) ревазуляризации головного мозга при болезни мойамойа у взрослых пациентов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С февраля 2015 г. по август 2016 г. в отделении сосудистой нейрохирургии Федерального центра нейрохирургии (Новосибирск) выполнено 12 оперативных вмешательств на 12 гемисферах у 7 пациентов (2 муж-

чин, 5 женщин) с болезнью мойамойа. У 6 пациентов поражение было билатеральным, у 1 — унилатеральным. Возраст больных варьировал от 25 до 60 лет (в среднем 41 год).

При поступлении проводили мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) с контрастированием экстра- и интракраниальных артерий. Стадии болезни на основании ангиографических данных определяли по классификации, предложенной J. Suzuki и A. Takaku (1969) [20].

I стадия: стеноз супраклиноидного отдела ВСА.

II стадия: образование базальной патологической сосудистой сети.

III стадия: прогрессирование стеноза ВСА и дальнейшее образование коллатеральной сети сосудистых анастомозов.

IV стадия: формирование коллатералей из бассейна наружной сонной артерии.

V стадия: увеличение сети коллатералей из бассейна наружной сонной артерии.

VI стадия: окклюзия дистальных ветвей ВСА, исчезновение коллатеральной сети сосудистых анастомозов.

У 5 пациентов выявлена III стадия болезни по Suzuki–Takaku, у 2 — IV стадия.

Для оценки клинического течения заболевания применяли классификацию Y. Matsushima и соавт. (1990) [21].

I тип: заболевание проявляется редкими ТИА (2 раза в месяц и реже).

II тип: заболевание проявляется частыми ТИА (чаще 2 раз в месяц).

III тип: заболевание проявляется малым инсультом с последующим регрессом неврологического дефицита в течение 2–3 нед. При компьютерной томографии головного мозга могут выявляться небольшие очаги ишемии.

IV тип: заболевание проявляется прогрессирующим инсультом, при этом отмечается постепенное нарастание неврологического дефицита.

V тип: заболевание проявляется завершенным инсультом по ишемическому типу, в результате которого у пациента формируется стойкий неврологический дефицит; при компьютерной и магнитно-резонансной томографии головного мозга обнаруживаются

обширные очаги ишемического поражения мозговой ткани;.

VI тип: заболевание проявляется инсультом по геморрагическому типу вследствие разрыва коллатеральных сосудов.

I–V типы — ишемические варианты течения заболевания.

В 2 случаях заболевание проявлялось геморрагическим инсультом (VI тип по Matsushima), в 2 — ишемическими нарушениями III типа, в 1 — IV типа и в 1 — V типа по Matsushima. В 1 случае патологическая сосудистая сеть одной гемисферы была обнаружена случайно — при МСКТ-ангиографии головного мозга, выполненной по поводу субарахноидального кровоизлияния в результате разрыва мешотчатой аневризмы передней мозговой и передней соединительной артерии слева.

Показанием к операции стал анамнез геморрагического инсульта или ишемического инсульта с признаками снижения цереброваскулярного резерва, который определялся путем перфузионной МСКТ головного мозга с фармакологической нагрузочной пробой (ацетазоламид в таблетках в дозе 20 мг/кг массы тела). При проведении пробы показатели кровенаполнения и кровотока увеличивались не более чем на 10% по сравнению с исходными.

От количества артерий-доноров и артерий-реципиентов зависело число созданных экстракраниально-интракраниальных микроанастомозов (ЭИКМА) либо артериосинангиозов. Размер артерий-реципиентов и артерий-доноров имел принципиальное значение. В случае малого диаметра артерий ( $\leq 0,7$  мм по данным нейровизуализационных исследований) микроанастомоз не создавали в связи с высоким риском его дисфункции. По ангиоархитектонике артерий-доноров определяли проекцию кожного разреза с возможностью сохранения артерий функционирующими для артериосинангиоза либо до этапа создания ЭИКМА, а также учитывали наличие естественного экстракраниально-интракраниального фронтоорбитального анастомоза с лобной ветвью поверхностной височной артерии (ПВА). Средняя оболочечная артерия, как известно, имеет несколько вариантов взаимоотношений с крылом клиновидной кости [22]. Это учитывали при образовании тrefинационного отверстия для краниотомии в целях предотвращения повреждения артерии. Тем самым создавали условия для формирования дуросинангиоза и сохраняли естественные анастомозы из бассейна средней оболочечной артерии, которые в некоторых случаях уже имелись на момент проведения операции.

Таким образом, критериями выбора комбинированной (прямой и не прямой) реваскуляризации головного мозга у больных стали: III–IV стадии болезни мойамойа по классификации Suzuki–Takaku; I, III–VI типы клинического течения заболевания по классификации

Matsushima; локализация ОНМК в бассейнах передней, средней (СМА) и задней мозговых артерий; данные перфузионной МСКТ головного мозга; количество и размер артерий-реципиентов; количество, размер, ангиоархитектоника и анатомия артерий-доноров; анатомические особенности и ангиоархитектоника оболочечной артерии.

Для хирургического лечения применяли следующие варианты комбинированной (прямой и не прямой) реваскуляризации: ЭИКМА + энцефалодуромиосинангиоз (ЭДМС) — в 3 случаях; двустовольный ЭИКМА с бассейном СМА + ЭДМС — в 3; двустовольный ЭИКМА с бассейном СМА и передней мозговой артерии + энцефалодуропериостемиосинангиоз — в 1; ЭИКМА + энцефалодуоартериомиосинангиоз (ЭДАМС) — в 3. В 1 случае наложены ЭИКМА и энцефалодуропериостеосинангиоз. На 1 гемисфере в связи с наличием тонких артерий-реципиентов выполнена только не прямая реваскуляризация, создан ЭДАМС.

В период наблюдения (спустя 5–11 мес после вмешательства) проводили сбор катамнеза, оценку неврологического статуса, выполняли МСКТ-ангиографию, перфузионную МСКТ головного мозга.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех пациентов в периоде наблюдения увеличился цереброваскулярный резерв по данным перфузионной МСКТ головного мозга с нагрузочными пробами. ОНМК, эпилептиформных не зарегистрировано. В 1 случае регрессировал верхний левосторонний монопарез. Хирургических осложнений не было (табл. 1).

Для демонстрации результатов вмешательств представлен редкий случай лечения больной 60 лет с унilaterальной болезнью мойамойа.

## КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

*После клипирования мешотчатой аневризмы передней соединительной артерии с использованием переднего трансбазального межполушарного доступа выполнили вариант комбинированной реваскуляризации в виде наложения ЭИКМА (между лобной ветвью ПВА и М4-сегментом СМА) и ЭДМС.*

*По результатам МСКТ-ангиографии был выявлен стеноз правой ВСА, окклюзия правой СМА и патологическая сосудистая сеть (рис. 1а).*

*Болезнь соответствовала III стадии по Suzuki–Takaku. Диаметр артерий-реципиентов был несколько меньше, чем артерий-доноров, бифуркация ПВА имела высокое расположение (рис. 1б, в). При перфузионной МСКТ с нагрузочными пробами отмечалось умеренное снижение цереброваскулярного резерва в бассейне правой СМА (рис. 2).*

*По вышеперечисленным критериям установлена необходимость реваскуляризации бассейна СМА путем создания одностовольного ЭИКМА, дополненного ЭДМС.*

Таблица 1. Клинические данные о пациентах

Table 1. Patient clinical data

| № | Тип, локализация, стадия<br>Type, location, stage                                                                          | Пол<br>Gender | Возраст, лет<br>Age, years | Реваскуляризация (правая гемисфера)<br>Revascularization (right-sided)                                                                                                            | Реваскуляризация (левая гемисфера)<br>Revascularization (left-sided) | Исход<br>Outcome                                                                                                        | Срок наблюдения, мес<br>Follow-up time, months |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 | ИИ, левая СМА, IV, III<br>IS, left MCA, IV, III                                                                            | Жен.<br>Fem.  | 25                         | ЭИКМА + ЭДАМС<br>EICMA + EDAMS                                                                                                                                                    | 2 ЭИКМА + ЭДАМС<br>2 EICMA + EDMS                                    | Без дефицита, без повторного ИИ, усиление перфузии<br>No deficiency, no IS recurrence, increased perfusion              | 10                                             |
| 2 | ИИ, правая СМА, III, III<br>IS, right MCA, III, III                                                                        | Жен.<br>Fem.  | 27                         | 2 ЭИКМА + ЭДАМС<br>2 EICMA + EDMS                                                                                                                                                 | ЭИКМА + ЭДАМС<br>EICMA + EDMS                                        | Без дефицита, без повторного ИИ, усиление перфузии<br>No deficiency, no IS recurrence, increased perfusion              | 9                                              |
| 3 | Субарахноидальное кровоизлияние, VI, III<br>Subarachnoid hemorrhage, VI, III                                               | Жен.<br>Fem.  | 51                         | ЭИКМА + ЭДАМС<br>EICMA + EDAMS                                                                                                                                                    | 2 ЭИКМА + ЭДАМС<br>2 EICMA + EDMS                                    | Без дефицита, без повторного ГИ, усиление перфузии<br>No deficiency, no HS recurrence, increased perfusion              | 10                                             |
| 4 | Субарахноидально-паренхиматозное кровоизлияние справа, VI, III<br>Right-sided subarachnoid parenchymal hemorrhage, VI, III | Муж.<br>Male  | 58                         | ЭИКМА между сегментом А5 лобной ветви и сегментом М4 теменной ветви + ЭДПМС<br>EICMA (between the A5 segment of the frontal branch and M4 segment of the parietal branch) + EDPMS | ЭДАМС<br>EDAMS                                                       | С регрессом дефицита, без повторного ГИ, усиление перфузии<br>Reduced deficiency, no HS recurrence, increased perfusion | 11                                             |
| 5 | Цефалгия, III<br>Cephalalgia, III                                                                                          | Жен.<br>Fem.  | 60                         | ЭИКМА + ЭДАМС<br>EICMA + EDMS                                                                                                                                                     | —                                                                    | Без дефицита, усиление перфузии<br>No deficiency, increased perfusion                                                   | 5                                              |
| 6 | ИИ, правая СМА, V, IV<br>IS, right MCA, V, IV                                                                              | Муж.<br>Male  | 27                         | ЭИКМА + ЭДАМС<br>EICMA + EDMS                                                                                                                                                     | ЭИКМА + ЭДАМС<br>EICMA + EDAMS                                       | Без дефицита, без повторного ИИ, усиление перфузии<br>No deficiency, no IS recurrence, increased perfusion              | 9                                              |
| 7 | ТИА, левая задняя мозговая артерия, I, IV<br>TIA, left posterior cerebral artery, I, IV                                    | Жен.<br>Fem.  | 40                         | —                                                                                                                                                                                 | ЭИКМА + ЭДПС<br>EICMA + EDPS                                         | Без дефицита, без повторной ТИА, усиление перфузии<br>No deficiency, no TIA recurrence, increased perfusion             | 9                                              |

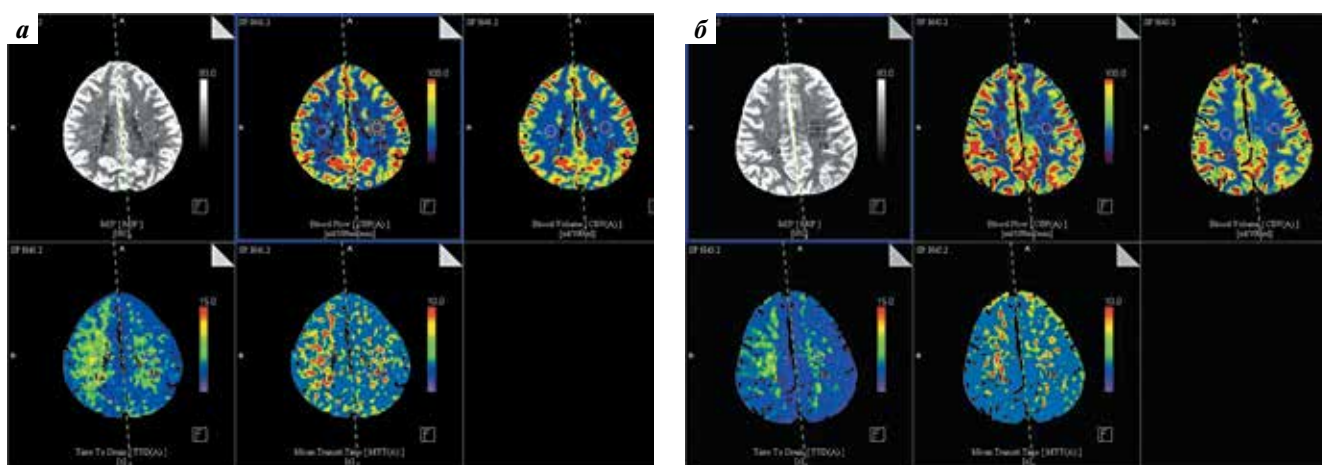
**Примечание.** ГИ — геморрагический инсульт; ИИ — ишемический инсульт; СМА — средняя мозговая артерия; ТИА — транзиторная ишемическая атака; ЭДАМС — энцефалодуроартериомиосинангиоз; ЭДАМС — энцефалодуромиосинангиоз; ЭДПМС — энцефалодуропериостеомиосинангиоз; ЭДПС — энцефалодуропериостеомиосинангиоз; ЭИКМА — экстракраниально-интракраниальный микроанастомоз.

**Note.** EDAMS — encephaloduroarteriomyosynangiosis; EDMS — encephaloduromyosynangiosis; EDPMS — encephaloduroperiosteomyosynangiosis; EDPS — encephaloduroperiosteosynangiosis; EICMA — extracranial-intracranial microanastomosis; HS — hemorrhagic stroke; IS — ischemic stroke; MCA — middle cerebral artery; TIA — transient ischemic attack.



**Рис. 1.** Предоперационная мультиспиральная компьютерная томография сосудов головного мозга пациентки X. с контрастированием: а — патологическая сосудистая сеть (обозначена стрелкой); б, в — 3D-визуализация артерий-реципиентов, артерий-доноров, бифуркации поверхностной височной артерии

**Fig. 1.** Patient X. Preoperative contrast-enhanced multislice computed tomography scan of cerebral vessels: а — pathological vasculature (indicated by arrow); б, в — 3D reconstruction of recipient arteries, donor arteries, and bifurcation of the superficial temporal artery



**Рис. 2.** Предоперационная мультиспиральная компьютерная томография сосудов головного мозга пациентки X. с контрастированием. Перфузия до фармакологической пробы (а) и после нее (б)

**Fig. 2.** Patient X. Preoperative contrast-enhanced multislice computed tomography scan of cerebral vessels. Perfusion before (а) and after (б) the pharmacological test

Положение пациентки на операционном столе — с поворотом головы на  $25^\circ$  в контралатеральную сторону. На 1-м этапе определяли проекции ветвей ПВА и намечали линию кожного разреза. Затем выполняли дугообразный разрез мягких тканей в лобно-височно-теменной области в проекции основного ствола и теменной ветви ПВА. Далее осуществляли диссекцию основного ствола и теменной ветви ПВА с сохранением ее целостности, из кожно-апоневротического лоскута выделяли лобный ствол ПВА, затем его пересекали. Краниотомию в лобно-височно-теменной области проводили с частичным сохранением гребня клиновидной кости с целью предотвращения повреждения ветви средней оболочечной артерии. Резекцию твердой мозговой оболочки (ТМО) выполняли с отступом от края основания черепа на 1,5 см. Далее ТМО рассекали короткими разрезами по направлению к конвексимальной части костного окна, разделяли на лоскуты с сохранением крупных ветвей

средней оболочечной артерии, учитывая их ангиоархитектонику и анатомические особенности. В последующем лоскуты подворачивали под край трепанационного окна, таким образом создавали дуросинангиоз. Выбирали конгруэнтную артерию-реципиент на поверхности височной доли. Создавали ЭИКМА между лобной ветвью ПВА и М4-сегментом СМА (рис. 3).

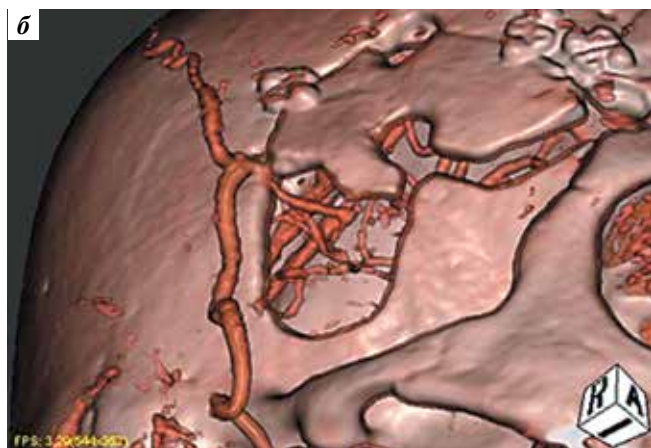
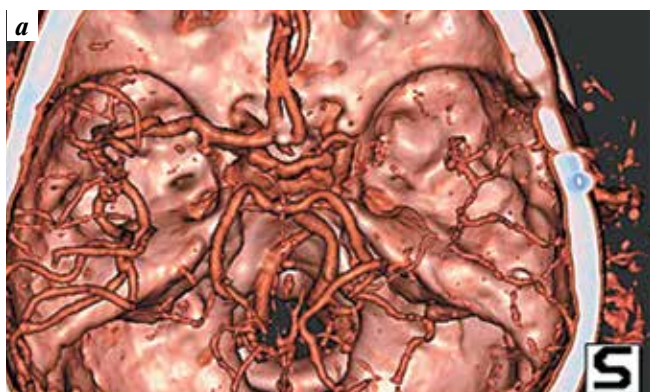
На следующем этапе разделяли височную мышцу на 2 части по толщине. Нижнюю часть укладывали на поверхность мозга и подшивали к краям завернутой ТМО — таким образом создавали миосинангиоз. Костный лоскут укладывали на прежнее место с предварительно выполненным дефектом для артерии-донора и мышечно-го лоскута. Далее рану ушивали послойно по общепринятым правилам.

На 2-е сутки после операции проведена контрольная МСКТ-ангиография головного мозга, при которой подтвердили адекватное функционирование шунта



**Рис. 3.** Интраоперационная фотография. Создание экстракраниально-интракраниального анастомоза и дуросинангиоза

**Fig. 3.** Intraoperative photo demonstrating the creation of an extracranial-intracranial anastomosis and durosyanangiosis



**Рис. 4.** Мультиспиральная компьютерная томография сосудов головного мозга пациентки X. с контрастированием на следующий день после операции: а — визуализируется функционирующий шунт; б — усиленный сосудистый рисунок бассейна правой средней мозговой артерии

**Fig. 4.** Patient X. Contrast-enhanced multislice computed tomography scan of cerebral vessels one day postoperatively: а — functioning shunt; б — more pronounced vascular pattern of the right middle cerebral artery circulation

и выявили усиление сосудистого рисунка в бассейне правой СМА (рис. 4).

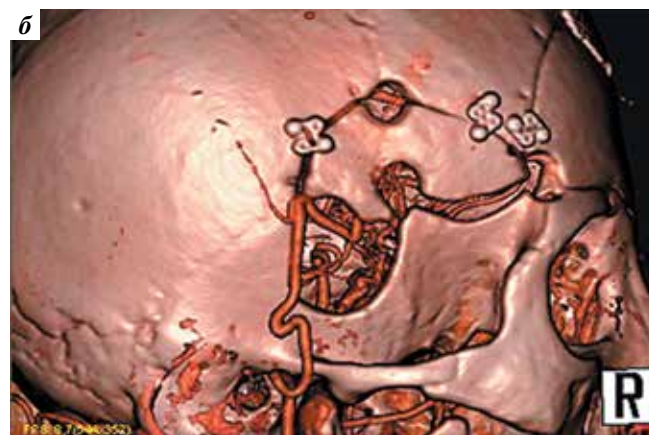
Пациентка выписана из стационара без осложнений. Отдаленные результаты оценивали через 5 мес.

Проявлений заболевания, неврологического дефицита не было; по ангиографическим данным отмечено улучшение васкуляризации бассейна правой СМА, увеличение диаметра артерии-донора (рис. 5). Цереброваскулярный резерв вырос на 17 % от исходного (рис. 6).

### ОБСУЖДЕНИЕ

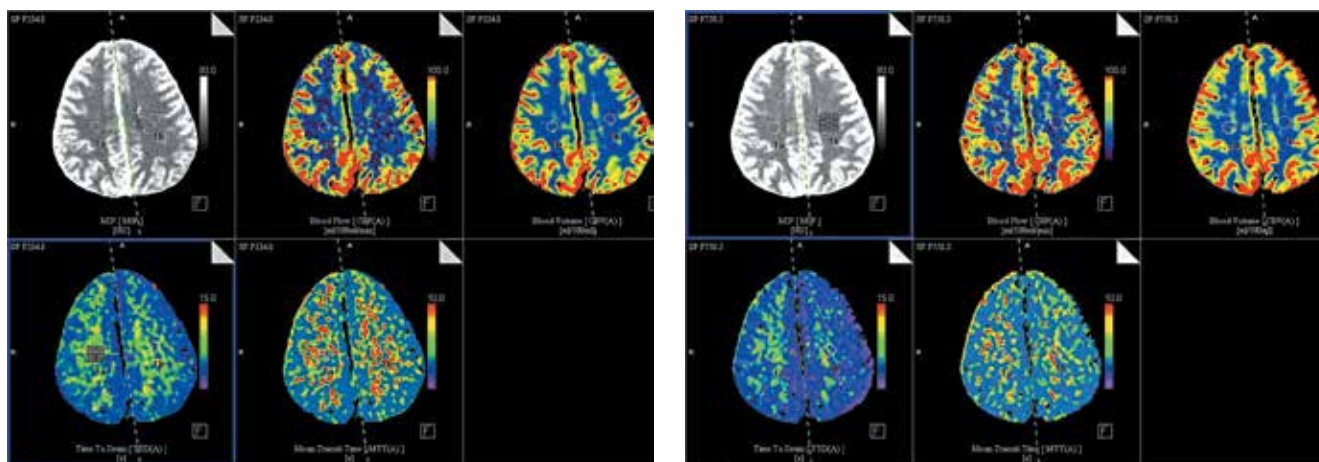
По данным литературы, исходы хирургической реваскуляризации лучше по сравнению с исходами консервативного лечения и естественного течения болезни мойамойа [23, 24]. Реваскуляризация улучшает церебральную гемодинамику и уменьшает риск развития ишемического инсульта в дальнейшем [25–28].

Долгие годы считалось, что прямые методы реваскуляризации головного мозга применимы только у взрослых, а не прямые — у детей (в связи с малым диаметром артерий). В настоящее время в мире накоплен большой опыт использования как того, так и другого



**Рис. 5.** Мультиспиральная компьютерная томография сосудов головного мозга пациентки X. с контрастированием через 5 мес после операции: а — визуализируется усиленный сосудистый рисунок бассейна правой средней мозговой артерии; б — увеличение диаметра артерии-донора

**Fig. 5.** Patient X. Contrast-enhanced multislice computed tomography scan of cerebral vessels 5 months postoperatively: а — more pronounced vascular pattern of the right middle cerebral artery circulation; б — increased diameter of the donor artery



**Рис. 6.** Мультиспиральная компьютерная томография сосудов головного мозга пациентки X. с контрастированием через 5 мес после операции. Перфузия до фармакологической пробы (а) и после нее (б)

**Fig. 6.** Patient X. Contrast-enhanced multislice computed tomography scan of cerebral vessels 5 months postoperatively. Perfusion before (a) and after (b) the pharmacological test

**Таблица 2.** Эффективность и безопасность комбинированной реваскуляризации при болезни мойамойа у пациентов взрослого возраста

**Table 2.** Efficacy and safety of combined revascularization in adult patients with moyamoya disease

| Авторы, год публикации<br>Authors, year                                    | Страна<br>Country                  | Количество операций<br>Number of surgeries, abs. | Число случаев развития ишемии после операции, абс. (%)<br>Number of postoperative ischemia cases, abs. (%) | Число случаев развития геморрагического инсульта после операции, абс. (%)<br>Number of postoperative hemorrhagic strokes, abs. (%) | Общее число случаев осложнений, абс. (%)<br>Total number of complications, abs. (%) | Средний период наблюдения, мес<br>Mean follow-up time, months |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| S. Amin-Hanjani и соавт. (2013) [14]<br>S. Amin-Hanjani et al. (2013) [14] | США<br>USA                         | 16                                               | 4 (25,0)                                                                                                   | Не исследовали<br>No data                                                                                                          | 4 (25)                                                                              | 18,5                                                          |
| M. Czabanka и соавт. (2016) [18]<br>M. Czabanka et al. (2016) [18]         | Германия, Италия<br>Germany, Italy | 40                                               | 5 (12,5)                                                                                                   | Не исследовали<br>No data                                                                                                          | 5 (12,5)                                                                            | 6                                                             |
| J.S. Bang и соавт. (2010) [19]<br>J.S. Bang et al. (2010) [19]             | Корея<br>Korea                     | 50                                               | 5 (10,0)                                                                                                   | 3 (6)                                                                                                                              | 8 (16)                                                                              | 63,8                                                          |
| H. Imai и соавт. (2015) [16]<br>H. Imai et al. (2015) [16]                 | Япония<br>Japan                    | 43                                               | 0                                                                                                          | 1 (2,3)                                                                                                                            | 1 (2,3)                                                                             | 72                                                            |
| S. Kuroda и соавт. (2010) [17]<br>S. Kuroda et al. (2010) [17]             | Япония<br>Japan                    | 47                                               | 1 (2,1)                                                                                                    | 0                                                                                                                                  | 1 (2,1)                                                                             | 63,1                                                          |
| N. Sadashiva и соавт. (2016) [34]<br>N. Sadashiva et al. (2016) [34]       | Индия<br>India                     | 17                                               | 3 (17,6)                                                                                                   | 0                                                                                                                                  | 3 (17,6)                                                                            | 15,9                                                          |
| Результаты данного исследования<br>Results of this study                   | Россия<br>Russia                   | 11                                               | 0                                                                                                          | 0                                                                                                                                  | 0                                                                                   | 9                                                             |

метода у пациентов разного возраста. По мере развития микрохирургической техники все большее предпочтение отдается прямому и комбинированному методам реваскуляризации как у детей, так и у взрослых [5].

Прямая реваскуляризация немедленно создает дополнительные пути кровоснабжения в вовлеченном в патологический процесс полушарии [29, 30]. Тем самым она позволяет нивелировать клинические проявления ТИА, повторного ишемического и геморрагического инсультов в кратчайшие сроки после операции. Кроме того, диаметр анастомоза со временем увеличивается на 50 % [30].

Непрямая реваскуляризация, напротив, начинает оказывать положительное влияние на кровоснабжение головного мозга в период от нескольких недель до нескольких месяцев, т. е. уже после формирования новых сосудов. Для образования коллатеральных сосудов, по мнению некоторых авторов, необходимо 3–4 мес [25, 30]. Эффективным методом не прямой реваскуляризации представляется создание энцефалодуро-артериосинангиоза [31, 32] и энцефаломиосинангиоза. Последний по сути является адаптируемым и способствует постепенной реваскуляризации только там, где мозг нуждается в ней. Он удовлетворяет потребности в кровоснабжении ишемизированной зоны, занимая большую площадь поверхности мозга [16].

В ретроспективном исследовании на большом числе пациентов детского возраста показано, что комбинированная реваскуляризация более эффективно предотвращает повторный инсульт, чем непрямая

реваскуляризация [33]. У взрослых пациентов не наблюдалось статистически значимых различий в частоте послеоперационных инсультов, но неудовлетворительные результаты по данным церебральной ангиографии (менее одной трети бассейна СМА) выявлялись значительно чаще при непрямой реваскуляризации [33].

Комбинированный метод имеет преимущество и перед прямой, и перед непрямой реваскуляризацией, так как объединяет достоинства обеих. Немногочисленные отрицательные эффекты каждого из методов тоже имеют место, но в большинстве случаев они нивелируются за счет положительных сторон второго метода. Например, комбинированная реваскуляризация может обеспечить лучшие исходы в случае дисфункции микроанастомоза [29].

В табл. 2 результаты данного исследования сопоставлены с данными научной литературы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании непродолжительного наблюдения за небольшой группой пациентов с болезнью мойя-мойя после применения комбинированной (прямой и не прямой) реваскуляризации можно предположить, что данный вид оперативного лечения эффективен у пациентов взрослого возраста. Для получения более объективных выводов необходимо продолжение исследования на большем клиническом материале с анализом отдаленных результатов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Wakai K., Tamakoshi A., Ikezaki K. et al. Epidemiological features of moyamoya disease in Japan: findings from a nationwide survey. *Clin Neurol Neurosurg* 1997;99 Suppl 2:S1–5. PMID: 9409395.
2. Uchino K., Johnston S.C., Becker K.J., Tirschwell D.L. Moyamoya disease in Washington State and California. *Neurology* 2005;65(6):956–8. DOI: 10.1212/01.wnl.0000176066.33797.82. PMID: 16186547.
3. Максимова М.Ю., Загребина И.А., Кротенкова М.В., Давыденко И.С. Болезнь мойя-мойя. Атмосфера. Нервные болезни 2010;(1):21–4. [Maksimova M.Yu., Zagrebina I.A., Krotchenkova M.V., Davidenko I.S. Moyamoya disease. *Atmosfera. Nervnye bolezni* = Atmosphere. *Nervous Diseases* 2010;(1):21–4. (In Russ.)].
4. Хирургия аневризм головного мозга. Под ред. В.В. Крылова. В 3 т. Т. 2. М., 2011. С. 492–493. [Surgery of cerebral aneurysms. Ed. by V.V. Krylov. In 3 vol. Vol. 2. Moscow, 2011. Pp. 492–493. (In Russ.)].
5. Scott M.R., Smith E.R. Moyamoya disease and moyamoya syndrome. *N Engl J Med* 2009;360(12):1226–37. DOI: 10.1056/NEJMra0804622. PMID: 19297575.
6. Moyamoya disease: diagnosis and treatment. Ed. by J.E. Wanebo, N. Khan, J.M. Zabramski, R.F. Spetzler. New York: Thieme, 2013. 224 p.
7. Wang L., Qian C., Yu X. et al. Indirect bypass surgery may be more beneficial for symptomatic patients with moyamoya disease at early Suzuki stage. *World Neurosurg* 2016;95:304–8. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.07.087. PMID: 27495843.
8. Arias E.J., Derdeyn C.P., Dacey R.G. Jr, Zipfel G.J. Advances and surgical considerations in the treatment of moyamoya disease. *Neurosurgery* 2014;74 Suppl 1:S116–25. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000229. PMID: 24402480.
9. Rhee J.W., Magge S.N. Moyamoya disease and surgical intervention. *Curr Neurol Neurosci Rep* 2011;11(2):179–86. DOI: 10.1007/s11910-010-0173-8. PMID: 21191823.
10. Панунцев В.С., Христофорова М.И. Особенности клиники, диагностики, лечения больных с болезнью и синдромом мойя-мойя. *Нейрохирургия* 2001;(3):12–9. [Panuntsev V.S., Khristoforova M.I. Clinical, diagnostic and treatment characteristics of moyamoya syndrome. *Neyrokhirurgiya* = Russian Journal of Neurosurgery 2001;(3):12–9. (In Russ.)].
11. Choi J.I., Ha S.K., Lim D.J., Kim S.D. Differential clinical outcomes following encephaloduroarteriosynangiosis in pediatric moyamoya disease presenting with epilepsy or ischemia. *Childs Nerv Syst* 2015;31(5):713–20. DOI: 10.1007/s00381-015-2666-x. PMID: 25726164.
12. Takeuchi S., Takasato Y. Ischemic stroke following intracranial hemorrhage from moyamoya disease. *Acta Neurochir (Wien)* 2011;153(6):1271. DOI: 10.1007/s00701-011-0984-7. PMID: 21399981.
13. Mikami T., Ochi S., Houkin K. et al. Predictive factors for epilepsy in moyamoya disease. *J Stroke Cerebrovasc Dis*

- 2015;24(1):17–23.  
DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.07.050. PMID: 25440356.
14. Amin-Hanjani S., Singh A., Rifai H. et al. Combined direct and indirect bypass for moyamoya: quantitative assessment of direct bypass flow over time. *Neurosurgery* 2013;73(6):962–7.  
DOI: 10.1227/NEU.0000000000000139. PMID: 23949274.
  15. Kim H., Jang D.K., Han Y.M. et al. Direct bypass versus indirect bypass in adult moyamoya angiopathy with symptoms or hemodynamic instability: a meta-analysis of comparative studies. *World Neurosurg* 2016;94:273–84.  
DOI: 10.1016/j.wneu.2016.07.009. PMID: 27423200.
  16. Imai H., Miyawaki S., Ono H. et al. The importance of encephalo-myo-synangiosis in surgical revascularization strategies for moyamoya disease in children and adults. *World Neurosurg* 2015;83(5):691–9.  
DOI: 10.1016/j.wneu.2015.01.016. PMID: 25655688.
  17. Kuroda S., Houkin K., Ishikawa T. et al. Novel bypass surgery for moyamoya disease using pericranial flap: its impacts on cerebral hemodynamics and long-term outcome. *Neurosurgery* 2010;66(6):1093–101. DOI: 10.1227/01.NEU.0000369606.00861.91. PMID: 20495424.
  18. Czabanka M., Boschi A., Acker G. et al. Grading of moyamoya disease allows stratification for postoperative ischemia in bilateral revascularization surgery. *Acta Neurochir (Wien)* 2016;158(10):1895–900. DOI: 10.1007/s00701-016-2941-y. PMID: 27573349.
  19. Bang J.S., Kwon O.K., Kim J.E. et al. Quantitative angiographic comparison with the OSIRIS program between the direct and indirect revascularization modalities in adult moyamoya disease. *Neurosurgery* 2012;70(3):625–32.  
DOI: 10.1227/NEU.0b013e3182333c47. PMID: 21866061.
  20. Suzuki J., Takaku A. Cerebrovascular “moyamoya” disease. Disease showing abnormal net-like vessels in base of brain. *Arch Neurol* 1969;20(3):288–99. PMID: 5775283.
  21. Matsushima Y., Aoyagi M., Masaoka H. et al. Mental outcome following encephaloduroarteriosynangiosis in children with moyamoya disease with the onset earlier than 5 years of age. *Childs Nerv Syst* 1990;6(8):440–3. PMID: 2095302.
  22. Tanabe N., Yamamoto S., Kashiwazaki D. et al. Indocyanine green visualization of middle meningeal artery before craniotomy during surgical revascularization for moyamoya disease. *Acta Neurochir (Wien)* 2017;159(3):567–75.  
DOI: 10.1007/s00701-016-3060-5. PMID: 28050720.
  23. Drazin D., Calayag M., Gifford E. et al. Endovascular treatment for moyamoya disease in a Caucasian twin with angioplasty and Wingspan stent. *Clin Neurol Neurosurg* 2009;111(10):913–7.  
DOI: 10.1016/j.clineuro.2009.08.012. PMID: 19815334.
  24. Khan N., Dodd R., Marks M.P. et al. Failure of primary percutaneous angioplasty and stenting in the prevention of ischemia in Moyamoya angiopathy. *Cerebrovasc Dis* 2011;31(2):147–53.  
DOI: 10.1159/000320253. PMID: 21135550.
  25. Houkin K., Kamiyama H., Takahashi A. et al. Combined revascularization surgery for childhood moyamoya disease: STA-MCA and encephalo-duro-arterio-myo-synangiosis. *Childs Nerv Syst* 1997;13(1):24–9.  
DOI: 10.1007/s003810050034. PMID: 9083698.
  26. Ishikawa T., Houkin K., Kamiyama H., Abe H. Effects of surgical revascularization on outcome of patients with pediatric moyamoya disease. *Stroke* 1997;28(6):1170–3. PMID: 9183345.
  27. Okada Y., Shima T., Nishida M. et al. Effectiveness of superficial temporal artery-middle cerebral artery anastomosis in adult moyamoya disease: cerebral hemodynamics and clinical course in ischemic and hemorrhagic varieties. *Stroke* 1998;29(3):625–30. PMID: 9506603.
  28. Karasawa J., Touho H., Ohnishi H. et al. Long-term follow-up study after extracranial-intracranial bypass surgery for anterior circulation ischemia in childhood moyamoya disease. *J Neurosurg* 1992;77(1):84–9. DOI: 10.3171/jns.1992.77.1.0084. PMID: 1607976.
  29. Czabanka M., Peña-Tapia P., Schubert G.A. et al. Characterization of cortical microvascularization in adult moyamoya disease. *Stroke* 2008;39(6):1703–9.  
DOI: 10.1161/STROKEAHA.107.501759. PMID: 18403740.
  30. Veeravagu A., Guzman R., Patil C.G. et al. Moyamoya disease in pediatric patients: outcomes of neurosurgical interventions. *Neurosurg Focus* 2008;24(2):E16. DOI: 10.3171/FOC/2008/24/2/E16. PMID: 18275292.
  31. Adelson P.D., Scott R.M. Pial synangiosis for moyamoya syndrome in children. *Pediatr Neurol* 1995;23(1):26–33.  
DOI: 10.1159/000120932. PMID: 7495663.
  32. Spetzler R.F., Roski R.A., Kopaniky D.R. Alternative superficial temporal artery to middle cerebral artery revascularization procedure. *Neurosurgery* 1980;7(5):484–7. PMID: 7442995.
  33. Kazumata K., Ito M., Tokairin K. et al. The frequency of postoperative stroke in moyamoya disease following combined revascularization: a single-university series and systematic review. *J Neurosurg* 2014;121(2):432–40.  
DOI: 10.3171/2014.1.JNS13946. PMID: 24605834.
  34. Sadashiva N., Reddy Y.V., Arima A. et al. Moyamoya disease: experience with direct and indirect revascularization in 70 patients from a nonendemic region. *Neurol India* 2016;64 Suppl:S78–86.  
DOI: 10.4103/0028-3886.178046. PMID: 26954973.

**Вклад авторов**

К.С. Овсянников: разработка дизайна исследования, ведение пациентов, выполнение операций (5), написание текста статьи;

А.В. Дубовой: разработка дизайна исследования, проведение операций (2);

Д.М. Галактионов: ведение пациентов.

**Authors' contributions**

K.S. Ovsyannikov: developing the research design, management of patients, performing operations (5), article writing;

A.V. Dubovoy: developing the research design, performing operations (2);

D.M. Galaktionov: management of patients.

**ORCID авторов / ORCID of authors**

К.С. Овсянников / K.S. Ovsyannikov: <https://orcid.org/0000-0002-4062-4593>

А.В. Дубовой / A.V. Dubovoy: <https://orcid.org/0000-0002-0927-2841>

Д.М. Галактионов / D.M. Galaktionov: <https://orcid.org/0000-0002-0074-4144>

**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 и публикацию своих данных.  
**Informed consent.** All patients gave written informed consent to participate in the study and for the publication of their data.