

doi: 10.25005/2074-0581-2022-24-4-541-552

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Н.О. РАХИМОВ¹, В.А. ЛУКЬЯНЧИКОВ^{2,3}, Х.Д. РАХМОНОВ^{1,4}, Р.Н. БЕРДИЕВ⁴, С.Н. ШОЕВ⁵, М.В. ДАВЛАТОВ⁴

¹ Национальный медицинский центр Республики Таджикистан «Шифобахш», Душанбе, Республика Таджикистан

² Отделение неотложной нейрохирургии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва, Российская Федерация

³ Кафедра нейрохирургии и нейрореанимации, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

⁴ Кафедра нейрохирургии и сочетанной травмы, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино, Душанбе, Республика Таджикистан

⁵ Комплекс здоровья «Истиклол», Душанбе, Республика Таджикистан

Цель: оценить результаты диагностики и лечения пациентов с сосудистыми заболеваниями головного мозга путём внедрения современных технологий.

Материал и методы: были изучены результаты диагностики и лечения 105 больных с сосудистой патологией головного мозга за период с января 2018 по май 2022 года. Возраст пациентов варьировал от 10 до 75 лет. Для оценки степени тяжести больных использовалась шкала комы Глазго (ШКГ) и Hunt-Hess. У пациентов с артериовенозной мальформацией (АВМ) использована шкала R. Spetzler, N. Martin для определения размеров, локализации и характера дренирования в глубокие вены мозга. Шкала Fisher использована во всех случаях субарахноидального кровоизлияния (САК). Дополнительные методы исследования включали компьютерную томографию (КТ), магнитно-резонансную томографию (МРТ) и дигитальную субтракционную ангиографию (ДСА).

Результаты: из 105 больных операции были произведены у 55, остальным 50 пациентам проводилось консервативное лечение (по причине отказа от операции). Основными причинами развития нетравматических внутримозговых гематом (НВМГ) явились: гипертоническая болезнь – в 30 (28,5%), артериальная аневризма (АА) – в 12 (11,4%), АВМ – в 20 (19,5%) случаях и другие причины у 8 (7,6%) пациентов. В остром периоде были прооперированы 38 (69,1%), в течение первых 5 суток – 5 (9,1%) и в сроки 10-14 дней – 12 (21,8%) пациентов. Выполнены следующие вмешательства: наружное вентрикулярное дренирование – 10, удаление сгустков крови из базальных цистерн – 1, клипирование сосудов – 7 и декомпрессивная трепанация черепа – 37. В группе оперированных пациентов летальность составила 9,1% (5 больных); смертность в группе консервативного лечения составила 40% (20 больных).

Заключение: более широкое использование современных и высокоинформативных методов визуализации увеличивает частоту выявления бессимптомных АВМ и артериальных аневризм (АА). Это, в свою очередь, способствует проведению лечебных мероприятий в относительно безопасный период болезни, тем самым, снижая частоту летальных исходов и серьёзных осложнений.

Ключевые слова: артериальная аневризма, артериовенозная мальформация, дигитальная субтракционная ангиография, магнитно-резонансная ангиография, КТ-ангиография.

Для цитирования: Рахимов НО, Лукьянчиков ВА, Рахмонов ХД, Бердиев РН, Шоев СН, Давлатов МВ. Современные подходы в диагностике и лечении сосудистых заболеваний головного мозга. *Вестник Авиценны*. 2022;24(4):541-52. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2022-24-4-541-552>

MODERN APPROACHES IN THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF CEREBROVASCULAR DISEASES

N.O. RAKHIMOV¹, V.A. LUKYANCHIKOV^{2,3}, KH.D. RAKHMONOV^{1,4}, R.N. BERDIEV⁴, S.N. SHOEV⁵, M.V. DAVLATOV⁴

¹ National Medical Center of the Republic of Tajikistan «Shifobakhsh», Dushanbe, Republic of Tajikistan

² Department of Urgent Neurosurgery, Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russian Federation

³ Department of Neurosurgery and Neuroresuscitation, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russian Federation

⁴ Department of Neurosurgery and Polytrauma, Avicenna Tajik State Medical University, Dushanbe, Republic of Tajikistan

⁵ Health Complex «Istiklol», Dushanbe, Republic of Tajikistan

Objective: To evaluate the results of diagnosis and treatment of patients with cerebrovascular diseases (CVD) using modern technologies.

Methods: The results of the diagnosis and treatment of 105 patients with CVD for the period from January 2018 to May 2022 were evaluated. The age of the patients ranged from 10 to 75 years. The Glasgow Coma (GCS) and Hunt-Hess (HHS) Scales were used to assess the severity of the disease. In patients with arteriovenous malformation (AVM), the Spetzler-Martin grading scale was used to determine the size, location, and drainage into the deep cerebral veins. The Fisher scale was used in all cases of subarachnoid hemorrhage (SAH). Additional research methods included computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), and digital subtraction angiography (DSA).

Results: Of the 105 patients, operations were performed in 55, the remaining 50 patients underwent conservative treatment (due to refusal of surgery). The main reasons for the development of non-traumatic intracranial hematomas (NICH) were: hypertension – in 30 (28.5%) cases, arterial aneurysm (AA) – in 12 (11.4%) cases, AVM – in 20 (19.5%) cases and other causes in 8 (7.6%) patients. Out of 38 (69.1%) patients operated on during the acute period, 5 (9.1%) underwent surgery during the first 5 days, while 12 (21.8%) – were operated on within 10-14 days. The following interventions were

performed: external ventricular drainage – 10, removal of blood clots from the basal cisterns – 1, clipping of vessels – 7, and decompressive craniotomy – 37. In the group of operated patients, mortality was 9.1% (5 patients); mortality in the conservative treatment group constituted 40% (20 patients).

Conclusion: The wider use of modern and highly informative imaging methods resulted in increased detection of asymptomatic AVMs and AA. This, in turn, contributed to the application of adequate treatment techniques in a relatively safe period of the disease, thereby reducing the frequency of deaths and serious complications.

Keywords: Arterial aneurysm, arteriovenous malformation, digital subtraction angiography, magnetic resonance angiography, CT angiography.

For citation: Rakhimov NO, Lukyanchikov VA, Rakhmonov KhD, Berdiev RN, Shoev SN, Davlatov MV. Sovremennye podkhody v diagnostike i lechenii sosudistykh zabolevaniy golovnoy mozga [Modern approaches in the diagnosis and treatment of cerebrovascular diseases]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2022;24(4):541-52. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2022-24-4-541-552>

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, ввиду улучшения качества нейровизуализационных методов исследования, наблюдается увеличение количества больных с бессимптомным течением сосудистых заболеваний головного мозга, в частности, АВМ. Несмотря на это, риск возникновения кровоизлияния из АВМ достигает примерно 4% в год [1, 2], а риск рецидивного кровоизлияния в первые 12 месяцев в случае естественного течения заболевания составляет 6%, что неблагоприятно отражается на качестве жизни больных [3]. Прогностический исход при консервативном лечении в отдалённом периоде является неблагоприятным: частота случаев стойкой инвалидности составляет 48% среди пациентов с АВМ, при этом летальность от внутричерепных кровоизлияний составляет 23% [1].

Согласно результатам исследования, проведённого в рамках The International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) [3], частота летальных исходов в течение первых 30 суток после проведения хирургического вмешательства при аневризмах в остром периоде достигает 13,4%. Частота летальности и случаев стойкой инвалидности спустя 12 месяцев после хирургического вмешательства составляет 30,9%. У пациентов, которым выполнялись прямые хирургические вмешательства, частота летальных исходов в послеоперационном периоде составила 11% случаев, а частота случаев наступления стойкой инвалидности – 14,1% [4]. Было установлено, что эффективность хирургического лечения больных в отдалённом постгеморрагическом периоде оказалась заметно выше, однако при этом, имеется несколько факторов, негативно влияющих на риск развития осложнений в послеоперационном периоде, что осложняет выбор наиболее оптимального способа хирургического лечения у данной категории пациентов [5].

На фоне широкого применения в медицинской практике метода мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) сосудов головного мозга (МСКТ-ангиография) и ДСА заметно улучшилась выявляемость внутричерепных аневризм, включая бессимптомных.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить результаты диагностики и лечения пациентов с сосудистыми заболеваниями головного мозга путём внедрения современных технологий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Были проанализированы данные диагностики и лечения 105 пациентов с заболеваниями церебральных сосудов, находившихся на лечении в нейрохирургическом отделении Национального медицинского центра Республики Таджикистан «Шифобахш» в период с января 2018 по май 2022 года. Возраст больных коле-

INTRODUCTION

To date, due to the improvement in the quality of neuroimaging research methods, the number of patients with a diagnosed asymptomatic course of CVD, in particular, AVMs, significantly increased. Despite this, the risk of AVM hemorrhage reaches approximately 4% per year [1, 2], and the risk of recurrent hemorrhage in the first 12 months in the case of the natural course of the disease is 6%, which adversely affects the quality of life of patients [3]. The prognostic outcome of conservative treatment in the long-term period is unfavorable: the incidence of permanent disability is 48% among patients with AVMs, while mortality from intracranial hemorrhages (ICH) is 23% [1].

According to the results of a study conducted as part of The International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) [3], the death rate during the first 30 days after surgery for aneurysms in the acute period reached 13.4%. The rate of cases of permanent disability 12 months after surgery was 30.9%. In patients who underwent direct surgical interventions, the frequency of fatal outcomes in the postoperative period was 11% of cases, and the rate of permanent disability was 14.1% [4]. It was found that the effectiveness of surgical treatment of patients in the late posthemorrhagic period was significantly higher, however, there were several factors that negatively affected the risk of complications in the postoperative period, which makes it difficult to choose the most optimal method of surgical treatment in this category of patients [5].

With the widespread application of the method of multispiral computed tomography (MSCT) of cerebral vessels (MSCT angiography) and DSA in medical practice, the detection of intracranial aneurysms, including asymptomatic ones, has noticeably improved.

PURPOSE OF THE STUDY

To evaluate the results of diagnosis and treatment of patients with CVD after the introduction of modern technologies.

METHODS

The data on diagnostics and treatment of 105 patients with CVD who were treated in the neurosurgical department of the National Medical Center of the Republic of Tajikistan «Shifobakhsh» from January 2018 to May 2022 were analyzed. The age of the patients ranged from 10 to 75 years. There were 35 (33.3%) female patients, and 70 (72.7%) male patients. Among the observed patients, there was a prevalence of people of employable age – 75.2%. In all cases, patients underwent clinical

бался от 10 до 75 лет. Пациентов женского пола было 35 (33,3%), мужского – 70 (72,7%). Среди наблюдаемых пациентов отмечалось превалирование лиц трудоспособного возраста – 75,2% человек. Во всех случаях больным выполнялись клинические и лабораторно-инструментальные исследования с использованием КТ на аппарате «Somatom Sensation 16» (Siemens, Germany) и МРТ, включая 3D и 4D реконструкцию мозговых сосудов, с помощью аппарата «Achieva 1,5T» (Philips, Holland). Также больным выполнялась ДСА на аппаратах «Innova 2000» и «Innova 3100» (GE, USA). Для оценки степени тяжести больных использовались ШКГ и Hunt & Hess Grade. У 8 пациентов с АВМ использована шкала R. Spetzler, N. Martin для определения размеров, локализации и характера дренирования в глубокие вены мозга. Шкала Fisher применялась во всех случаях САК. Также было уделено внимание сопутствующей соматической патологии. При МРТ- и КТ-исследованиях определяли расположение внутричерепной гематомы и её размеры, наличие перифокального отёка, внутрижелудочкового кровоизлияния и уровень смещения структур головного мозга.

Критерии включения в исследование: нетравматические внутричерепные гематомы (НВЧГ) супратенториального расположения; исходная балльная оценка сознания по ШКГ ≥ 8 ; объём НВЧГ гематомы $>30 \text{ см}^3$, пациенты в холодном и остром периоде кровоизлияния со степенью тяжести по шкале Hunt & Hess Grade I-III; пациенты с АВМ по шкале R. Spetzler, N. Martin III.

Критерии исключения: исходная балльная оценка сознания по ШКГ <8 ; кровоизлияние в опухоль; наличие гемотампонады желудочков; острая закрытая (не сообщающаяся) гидроцефалия; кровоизлияние в ствол мозга и мозжечок; объём гематомы не более 30 см^3 ; наличие декомпенсированной формы сопутствующего заболевания.

Среди 105 наблюдаемых больных операции были произведены у 55, остальные 50 пациентов либо их родственники отказались от проведения хирургического вмешательства, и с учётом оснащённости клиники и соответствующего опыта им в последующем проводилось лишь консервативное лечение. На момент госпитализации во всех случаях больным выполнялась КТ головного мозга, а в случае сомнения в отношении наличия разрыва аневризмы либо АВМ – КТ-ангиография (КТА). Консервативное лечение проводилось по стандартной методике, включая коррекцию функций жизненно важных органов, стабилизацию уровня артериального давления, профилактику вазоспазма, ишемии и отёка мозга [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В представленном материале основными причинами развития НВЧГ явились: гипертоническая болезнь – в 30 (28,5%), артериальная аневризма (АА) – в 12 (11,4%), АВМ – в 20 (19,5%) случаях и другие причины у 8 (7,6%) пациентов. При этом, различные типы внутримозговых гематом (ВМГ) были обнаружены у 60 больных: латеральный (или путаменальный) – у 25 (41,7%) больных, медианный (или таламический) – у 13 (21,7%), субкортикальные (или лобарные) гематомы были выявлены у 22 (36,7%) больных. Выраженное базальное САК наблюдалось у 10 пациентов, у которых причиной развития кровоизлияния явился разрыв АА. Все больные подверглись хирургическому вмешательству. Из них в остром периоде были прооперированы 38 (69,1%) пациентов (в первые два дня по экстренным показаниям). Размеры ВМГ варьировали в пределах $60\text{--}110 \text{ см}^3$. В связи с наличием внутрижелудочковых кровоизлияний у 10 больных вмешательство завершилось наружным вентрикулярным дренированием, а в 1 наблюдении (1,8%),

and laboratory instrumental examination using CT with the Somatom Sensation 16 (Siemens, Germany) and MRI, including 3D and 4D reconstruction of cerebral vessels, using the Achieva 1.5T (Philips, Netherlands). The patients also underwent DSA using the Innova 2000 and Innova 3100 (GE, USA). GCS and Hunt & Hess Grade were used to assess the severity of pathology. In 8 patients with AVM, the Spetzler-Martin grading scale was used to determine the size, location, and drainage pattern into the deep cerebral veins. The Fisher scale was used in all cases of SAH. Also, attention was paid to concomitant somatic pathology. MRI and CT studies determined the location of the intracranial hematoma and its size, the presence of perifocal edema, intraventricular hemorrhage, and the level of displacement of brain structures.

Criteria for inclusion in the study: non-traumatic intracranial hematomas (NICH) of supratentorial location; baseline GCS consciousness score ≥ 8 ; NICH hematoma volume $>30 \text{ cm}^3$, patients in the “cold” and acute period of hemorrhage with severity I-III according to the Hunt & Hess Grade; patients with AVM grade III according to Spetzler-Martin scale.

Exclusion criteria: initial GCS consciousness score <8 ; hemorrhage into the tumor; the presence of ventricular hemotamponade; acute closed (non-communicating) hydrocephalus; hemorrhage in the brainstem and cerebellum; the volume of the hematoma less than 30 cm^3 ; the presence of a decompensated form of concomitant disease.

Among the 105 observed patients, operations were performed in 55, the remaining 50 patients or their relatives rejected surgical intervention, and, taking into account the facilities of the hospital and the relevant experience, they subsequently underwent only conservative treatment. At the time of hospitalization, in all cases, patients underwent CT of the brain, and in case of doubt regarding the presence of a ruptured aneurysm or AVM, CT angiography (CTA) was performed. Conservative treatment was carried out according to the standard method, including correction of the functions of vital organs, stabilization of blood pressure, prevention of vasospasm, ischemia, and cerebral edema [6].

RESULTS AND DISCUSSION

In the patients under investigation, the main reasons for the development of NICH were: hypertension – in 30 (28.5%) cases, AA – in 12 (11.4%) cases, AVM – in 20 (19.5%) cases, and other causes in 8 (7.6%) patients. At the same time, various types of intracerebral hematomas were found in 60 patients: lateral (or putaminal) – in 25 (41.7%) patients, median (or thalamic) – in 13 (21.7%), subcortical (or lobar) – in 22 (36.7%) patients. Pronounced basal SAH was observed in 10 patients in whom the AA rupture was the cause of hemorrhage. All patients underwent surgical interventions. Of these, 38 (69.1%) patients were operated on in the acute period (in the first two days for emergency indications). The sizes of intracerebral hematomas varied between 60 and 110 cm^3 . Due to the presence of intraventricular hemorrhages in 10 patients, the intervention ended with external ventricular drainage, and in 1 observation (1.8%), when pronounced basal SAH was detected, blood clots were removed from the basal cisterns of the brain with an injection of fibrinolytic agents into them.

Open-type microsurgical interventions were performed in 7 (12.7%) patients, with clipping of the anterior communicating ar-

когда было обнаружено выраженное базальное САК, было выполнено удаление кровяных сгустков из базальных цистерн головного мозга с введением в них фибринолитических средств.

Микрохирургические вмешательства открытого типа проведены 7 (12,7%) пациентам, при этом произведено клипирование передней соединительной артерии – в 5 и средней мозговой артерии – в 2 случаях по поводу АА.

У 5 (9,1%) больных на фоне кровоизлияния АВМ, сопровождавшегося формированием ВМГ с прорывом в желудочковую систему, оперативное вмешательство проведено на 5 сутки после стабилизации состояния. Операции на 10-14 сутки выполнены у 12 (21,8%) больных с объёмом гематомы в подострой стадии (60-90 см³) с использованием нейроэндоскопической техники. В остальных 37 случаях проводилась открытая операция – декомпрессивная трепанация черепа. Среди оперированных больных летальность наблюдалась в 5 (9,1%) наблюдениях, исходная тяжесть состояния которых соответствовала 7 баллам по ШКГ. Причиной летальных исходов явилось развитие ишемии и отёка головного мозга. В остальных случаях отмечались удовлетворительные результаты.

Установлено, что наиболее часто улучшение функциональных показателей отмечалось после проведения ранних хирургических вмешательств с удалением гематомы, а наименьшее улучшение функциональных показателей наблюдалось после проведения консервативной терапии. Стоит отметить, что частота случаев со значительными неврологическими нарушениями, являвшихся причиной стойкой инвалидизации (исходы 3 и 4 по mRS – Modified Rankin Scale), была выше среди пациентов с поздним проведением хирургических вмешательств и при консервативном методе лечения. Летальность в группе консервативного лечения составила 40% (20 больных). Причинами летальных исходов явились большая неудаляемая гематома, ишемия и отёк с последующей дислокацией головного мозга.

Основным клиническим проявлением у обследованных пациентов на момент госпитализации в 66% случаев являлось внутримозговое кровоизлияние, либо выявление при КТ признаков перенесённого инсульта. По данным других авторов, частота случаев обнаружения признаков кровоизлияния у больных с АВМ составляет 50-70% [7, 8]. Во многих случаях у больных с сосудистыми мальформациями имеется высокая степень хирургического риска согласно классификации R. Spetzler, N. Martin, в то же время имеется прямая корреляционная связь между уровнем риска возникновения острого нарушения мозгового кровообращения и размерами АВМ [9].

Основными факторами, оказывающими влияние на исход патологии у больных с внутримозговыми кровоизлияниями, являются: возраст пациента, размеры очагов кровоизлияния, балльная оценка по ШКГ при госпитализации. С целью оценки прогноза исхода заболевания используется показатель К, который определяется по формуле [10, 11]:

$$K=10 \times \text{ШКГ} - \text{возраст} - 0,64 \times \text{объём},$$

при этом, высокие показатели К свидетельствуют о более благоприятном исходе патологии.

По данным диагностических центров «Нурафзо», «Нури Само» и «Арасту Асри XXI», в городе Душанбе число ежегодно проводимых КТ и МРТ головного мозга при различной патологии превышает 15000. Только с 2018 по 2022 годы было выполнено около 16150 исследований при сосудистых заболеваниях головного мозга, при этом в 1700 случаях применялось внутривенное болюсное контрастирование. В течение последнего года, по данным Национального медицинского центра РТ, принимающего на

tery in 5 cases and the middle cerebral artery – in 2 cases for АА.

In 5 (9.1%) patients against the background of АVM hemorrhage, accompanied by the formation of intracerebral hematoma with a breakthrough into the ventricular system, surgical intervention was performed on the 5th day after stabilization of the condition. Operations on days 10-14 were performed in 12 (21.8%) patients with 60-90 cm³ hematoma volume in the subacute stage, using neuroendoscopic techniques. In the remaining 37 cases, an open operation was performed - decompressive craniotomy. Among the operated patients, lethality was observed in 5 (9.1%) cases, whose initial severity of the condition corresponded to 7 points according to the GCS. The cause of death was the development of ischemia and cerebral edema. In other cases, satisfactory results were obtained.

It was found that the most often improvement in functional parameters was noted after early surgical interventions with the removal of the hematoma, and the smallest improvement in functional parameters was observed after conservative therapy. It is worth noting that the frequency of cases with significant neurological disorders that caused permanent disability (outcomes 3 and 4 according to mRS – Modified Rankin Scale) was higher among patients with late surgical interventions and with a conservative method of treatment. Mortality in the conservative treatment group was 40% (20 patients). The causes of death were a large unremoved hematoma, ischemia, and edema, followed by dislocation of the brain.

The main clinical manifestation in the examined patients at the time of hospitalization in 66% of cases was ICH, or the detection of signs of a stroke on CT scan. According to other authors, the incidence of signs of hemorrhage in patients with АVMs was 50-70% [7, 8]. In many cases, patients with vascular malformations have a high degree of surgical risk according to the Spetzler-Martin grading scale, while at the same time, there is a direct correlation between the risk level of acute cerebrovascular accident and the size of the АVM [9].

The main factors influencing the outcome of the pathology in patients with intracerebral hematoma are: the age of the patient, the size of the hemorrhage foci, and the GCS score during hospitalization. In order to assess the prognosis of the outcome of the disease, the K indicator was determined by the formula [10, 11]:

$$K=10 \times \text{GCS} - \text{age} - 0.64 \times \text{volume}.$$

High K values indicated a more favorable outcome of the pathology.

According to the diagnostic centers "Nurafzo", "Nuri Samo" and "Arastu Asri XXI" in the city of Dushanbe, the number of annual CT and MRI scans of the brain for various pathologies exceeds 15,000. Only from 2018 to 2022, about 16,150 studies of CVD were performed, among which in 1,700 cases intravenous bolus contrast was used. Over the past year, according to the National Medical Center of the Republic of Tajikistan, which takes over the majority of patients with CVD, the number of newly diagnosed patients with vascular malformations and aneurysms amounted to 15 people. There is a trend of an increased number of diagnosed cases, which is apparently due to the wider availability of modern diagnostic methods.

AA can be detected using DSA, CTA, and MRA methods (Fig. 1-3). The first method, until recently, was considered the "gold

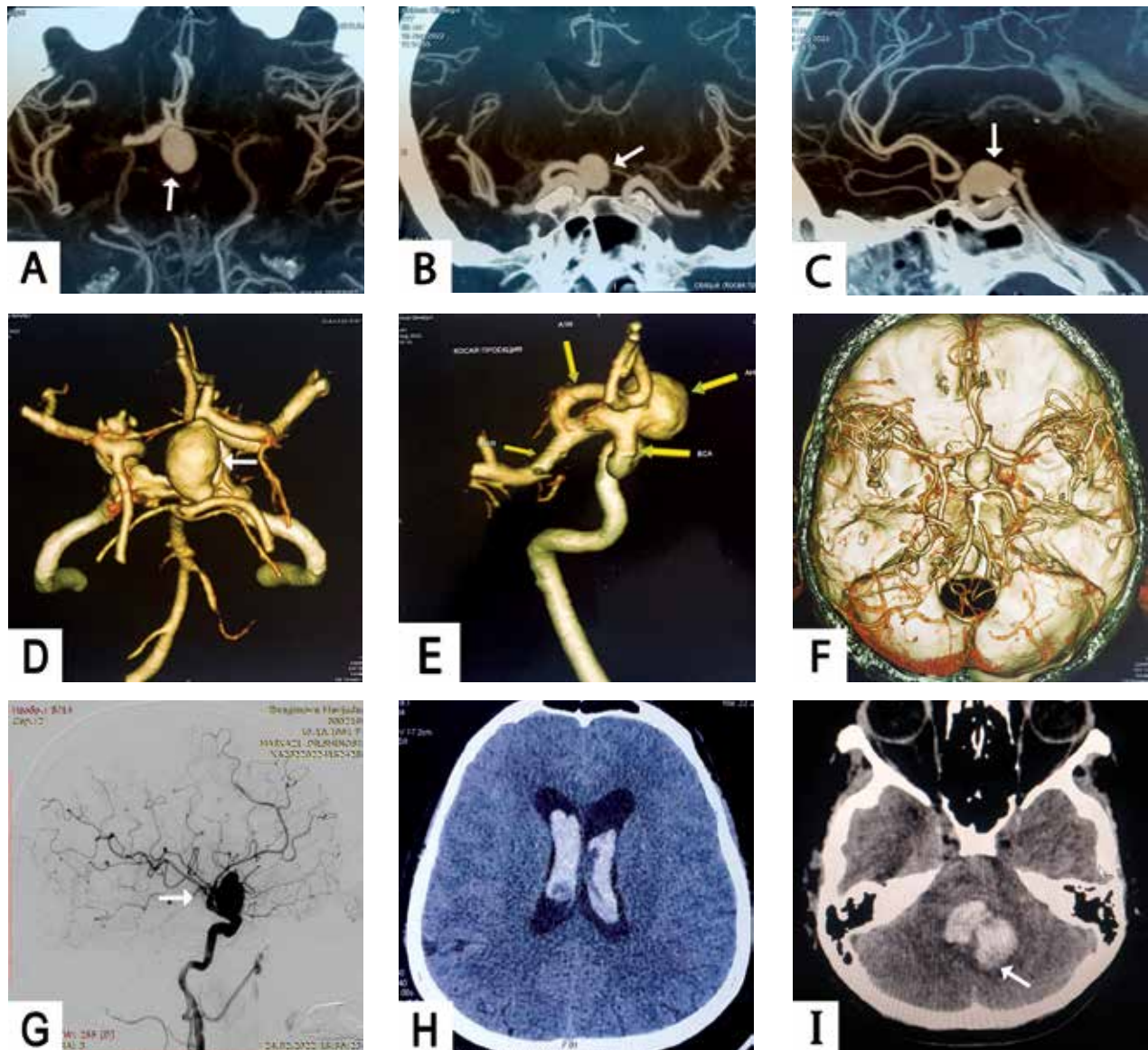


Рис. 1 А-С – спиральная КТА в 3 проекциях: АА супраклиноидного отдела внутренней сонной артерии. D, E – 4D-MRA сосудов головного мозга в прямой и боковой проекциях. F – 3D-КТА. G – каротидная ангиограмма: крупная мешотчатая АА. H – СКТ, аксиальный срез: кровоизлияние в боковые желудочки. I – СКТ, аксиальный срез: кровоизлияние в IV желудочек

Fig. 1 A-C – spiral CTA in 3 projections: AA of the supraclinoid section of the ICA. D, E – 4D-MRA of cerebral vessels in frontal and lateral projections. F – 3D-CTA. G – carotid angiogram: large saccular AA. H – SCT, axial view: hemorrhage in the lateral ventricles. I – SCT, axial view: hemorrhage in the 4th ventricle

себя основное количество больных с цереброваскулярной патологией, количество вновь выявленных больных с сосудистыми мальформациями и аневризмами составило 15 человек, при этом отмечалась тенденция к последующему росту частоты встречаемости данного заболевания, что, по всей видимости, обусловлено с улучшением доступности современных методов диагностики.

АА можно обнаружить при использовании методов ДСА, КТА и МРА (рис. 1-3). Первый метод до недавнего времени считался «золотым стандартом» при диагностике АА. Но, к сожалению, данный способ диагностики невозможно использовать в амбулаторных условиях. Чувствительность КТА, позволяющей получить 3D изображение, составляет от 87% до 97%, а её специфичность достигает до 100%. При МРА эти характерные показатели практически аналогичны КТА и составляют 74-100% и 76-100%, соответственно. С помощью КТА с 3D реконструкцией можно исследовать

standard" in the diagnosis of AA. But, unfortunately, this diagnostic method cannot be used in outpatient clinics. The sensitivity of CTA, which makes it possible to obtain a 3D image, ranges from 87% to 97%, and its specificity reaches 100%. With MRA, these characteristic indicators are almost similar to CTA and are 74-100% and 76-100%, respectively. With the help of CTA with 3D reconstruction, it is possible to assess the relative spatial position of AA, cerebral vessels, and bone structures, due to which this diagnostic method is preferable when determining the tactics of surgical intervention in patients with AA of enormous size located in hard-to-reach places (the ophthalmic area of the ICA, vertebrobasilar area). Using 4D-CT and 4D-MRI, one can assess the state of hemodynamics in the AA and determine the presence of hemodynamic risk factors that can adversely affect the outcome

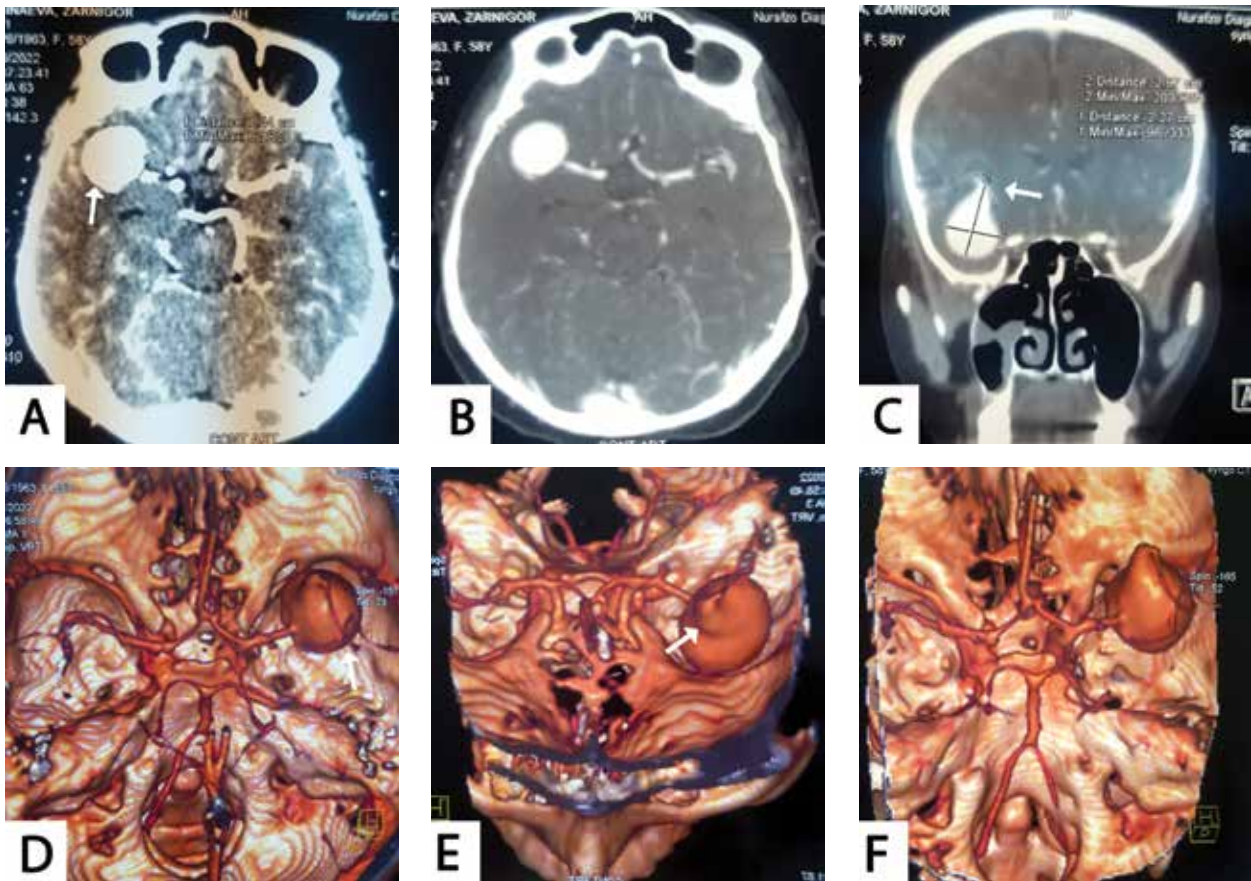


Рис. 2 АА средней мозговой артерии. А-С – КТ головного мозга в 2 проекциях. D-F – 3D-КТА реконструкция
Fig. 2 AA of the MCA. A-C – CT scan of the brain in 2 projections. D-F – 3D-CTA reconstruction

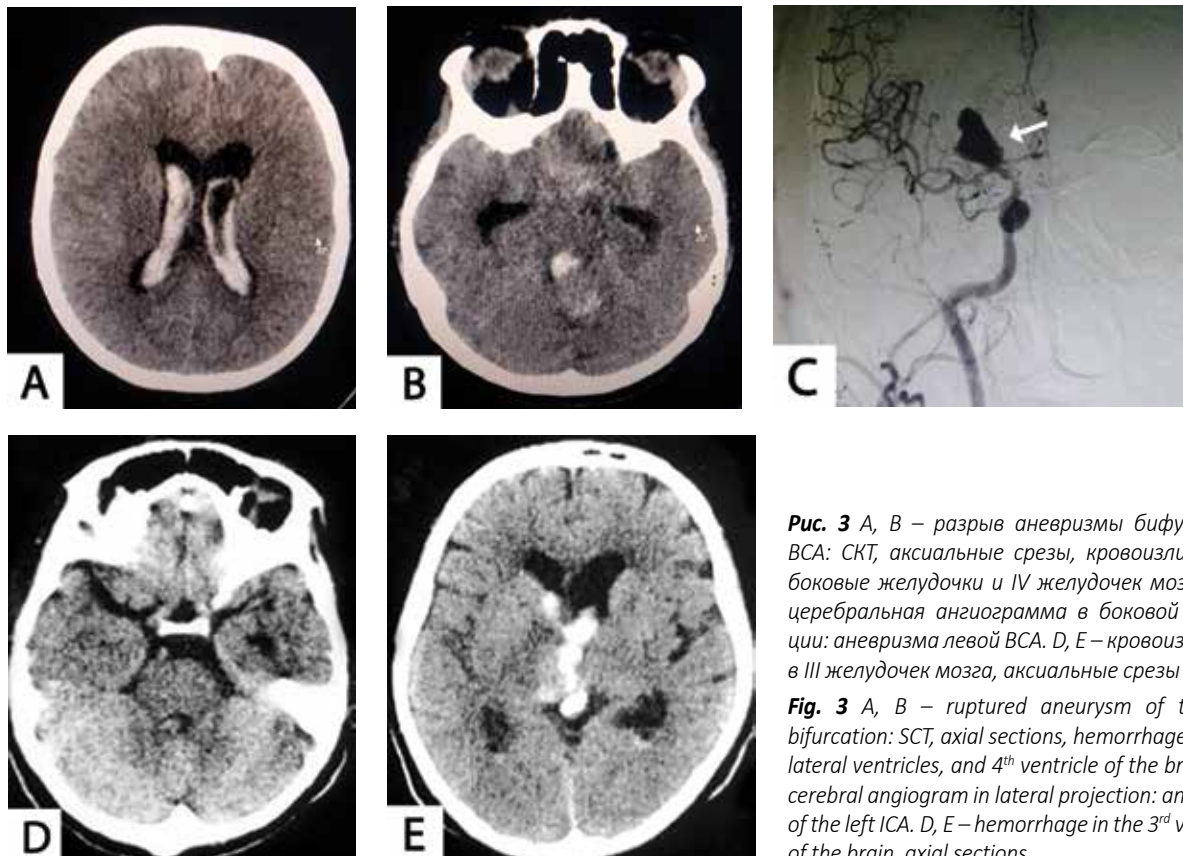


Рис. 3 А, В – разрыв аневризмы бифуркации ВСА: СКТ, аксиальные срезы, кровоизлияния в боковые желудочки и IV желудочек мозга. С – церебральная ангиограмма в боковой проекции: аневризма левой ВСА. D, E – кровоизлияние в III желудочек мозга, аксиальные срезы

Fig. 3 A, B – ruptured aneurysm of the ICA bifurcation: SCT, axial sections, hemorrhages in the lateral ventricles, and 4th ventricle of the brain. C – cerebral angiogram in lateral projection: aneurysm of the left ICA. D, E – hemorrhage in the 3rd ventricle of the brain, axial sections

пространственное взаимное расположение АА, сосудов головного мозга и костных структур, благодаря чему этот способ диагностики является более предпочтительным при определении тактики оперативного вмешательства у пациентов с АА огромных размеров, расположенных в труднодоступных местах (область офтальмического участка внутренней сонной артерии, вертебробазилярный бассейн). С помощью 4D-КТ и 4D-MPT можно оценить состояние гемодинамики в АА и определить наличие гемодинамических факторов риска, которые могут оказать неблагоприятное влияние на исход заболевания, а именно риск увеличения и разрыва аневризмы [12].

Следует отметить, что при неразорвавшихся АА высок риск внезапного возникновения внутричерепного кровоизлияния, которое может привести к летальному исходу в 30% случаев в течение первых 24 часов и в 50% случаев – в течение 30 дней после состоявшегося разрыва. Для прогнозирования риска разрыва АА оцениваются имеющиеся факторы риска. К таковым относятся большой (>7 мм) размер АА; аневризмы, имеющие продолговатую форму; обнаружение дивертикулов купола; локализация аневризмы в области боковой стенки сосуда и угол отклонения АА от сосудистой оси >112° [13, 14].

Кроме анатомических, к факторам риска разрыва АА относят и гемодинамические особенности. На сегодняшний день широко обсуждается вопрос влияния на возможный разрыв АА скорости кровотока в поражённой аневризмой артерии, уровня пристеночного смещения и характера кровотока в самой АА. Особенности гемодинамики в поражённой аневризмой артерии исследуются с помощью 4D-КТА и 4D-MRA. Во многих случаях такие исследования носили экспериментальный характер. С помощью 4D-MRA, которая, в силу своей новизны, ещё не имеет широкого применения в клинической практике, можно определить тип гемодинамики в АА и дифференцировать аневризмы, у которых предполагается высокая степень риска их разрыва [8].

До недавнего времени ДСА считалась «золотым стандартом» диагностики сосудистых мальформаций (рис. 4С, Е; 5Е) [15]. Особенно это касается оценки эффективности клипирования АА головного мозга [16], однако из-за инвазивности и высокой стоимости проведение данного метода исследования на сегодняшний день рекомендуется не во всех случаях, так как существует более адекватный и альтернативный метод диагностики – КТА. В то же время чувствительность последнего во многом зависит от различного рода артефактов, обусловленных наличием металлических клипс. Ряд авторов отмечает, что выполнение КТА после наложения клипс на сосудистые аневризмы является неинформативным в 28,6-34% наблюдениях, прежде всего, при наличии оставшейся функционирующей части размерами до 2 мм. Было установлено, что подавляющее число артефактов, обнаруженных при КТА, наблюдается в случае применения клипс из кобальта [17, 18]. Огромное значение имеет мониторинг эффективности выключения АА после проведения оперативных вмешательств. По данным ряда авторов, неадекватное клипирование АА головного мозга имеет место в 5,2-8,2% [19], а наличие внутричерепных кровоизлияний обнаруживается в 1-2% случаев [20, 21].

Благодаря внедрению современных технологий, значительно улучшилось качество визуализации с помощью КТА после проведения клипирования. Так, заметно снизилось число артефактов после внедрения современных протоколов и порядка проведения сканирующего исследования (metal artifact reduction software, MARs) [22-24], при использовании двухэнергетического (dual-energy) КТ-оборудования [25], при выполнении 4D КТА [24]. Было выявлено, что диагностическая ценность метода МРТ исследова-

of the disease, namely the risk of aneurysm enlargement and rupture [12].

It should be noted that with unruptured AA, there is a high risk of sudden onset of ICH, which can be fatal in 30% of cases during the first 24 hours and in 50% of cases within 30 days after the rupture. To predict the risk of AA rupture, existing risk factors are evaluated. These include large (>7 mm) size AA; aneurysms that have an oblong shape; detection of dome diverticula; localization of the aneurysm in the area of the lateral wall of the vessel and the angle of deviation of the AA from the vascular axis >112° [13, 14].

In addition to anatomical factors, hemodynamic features are also among the risk factors for AA rupture. To date, the question of the influence of the blood flow velocity on the possible rupture of the AA, the level of wall displacement, and the nature of the blood flow in the AA itself are widely discussed. Features of hemodynamics in the artery affected by aneurysm are examined using 4D-CTA and 4D-MRA. In many cases, such studies were pilot projects by nature. With the help of 4D-MRA, which, due to its novelty, is not yet widely used in clinical practice, it was possible to determine the type of hemodynamics in AA and differentiate aneurysms that are at high risk of rupture [8].

Until recently, DSA was considered the “gold standard” for diagnosing vascular malformations (Fig. 4C, E; 5F) [15]. This is especially true for evaluating the effectiveness of brain AA clipping [16], however, due to the invasiveness and high cost, this research method is not recommended today in all cases, since there is a more adequate alternative diagnostic method, such as CTA. At the same time, the sensitivity of the latter largely depends on various kinds of artifacts caused by the presence of metal clips. A number of authors note that performing CTA after applying clips to vascular aneurysms is uninformative in 28.6-34% of cases, primarily in the presence of the remaining functioning part up to 2 mm in size. It was found that the vast majority of artifacts found during CTA are observed in the case of the use of cobalt clips [17, 18]. Of great importance is the monitoring of the effectiveness of switching off AA after surgical interventions. According to a number of authors, inadequate clipping of brain AA occurs in 5.2-8.2% [19], and the presence of intracerebral hemorrhage is detected in 1-2% of cases [20, 21].

Due to the introduction of modern technologies, the quality of visualization with CTA after clipping has significantly improved. Thus, the number of artifacts has significantly decreased after the introduction of modern protocols and the procedure for conducting a scanning study (metal artifact reduction software, MARs) [22-24], when using dual-energy CT equipment [25], when performing 4D CTA [24]. It was found that the diagnostic value of the MRI study after clipping of vessels was lower than with CTA, since the use of clips made of titanium material preserves artifacts [24]. According to the classification of artifacts caused by clipping of vessels given in the literature, during CTA examination the most commonly obtained findings were without reference to vascular beds [23-25].

CT examination is considered the initial method of imaging diagnostics in the presence of clinical manifestations of vascular hemorrhage. This method allows for determining the fresh signs of hemorrhage, defined as a signal of increased intensity. The sensitivity of this method is 90% and higher [26]. Using a non-contrast CT scan, it is possible to determine such additional

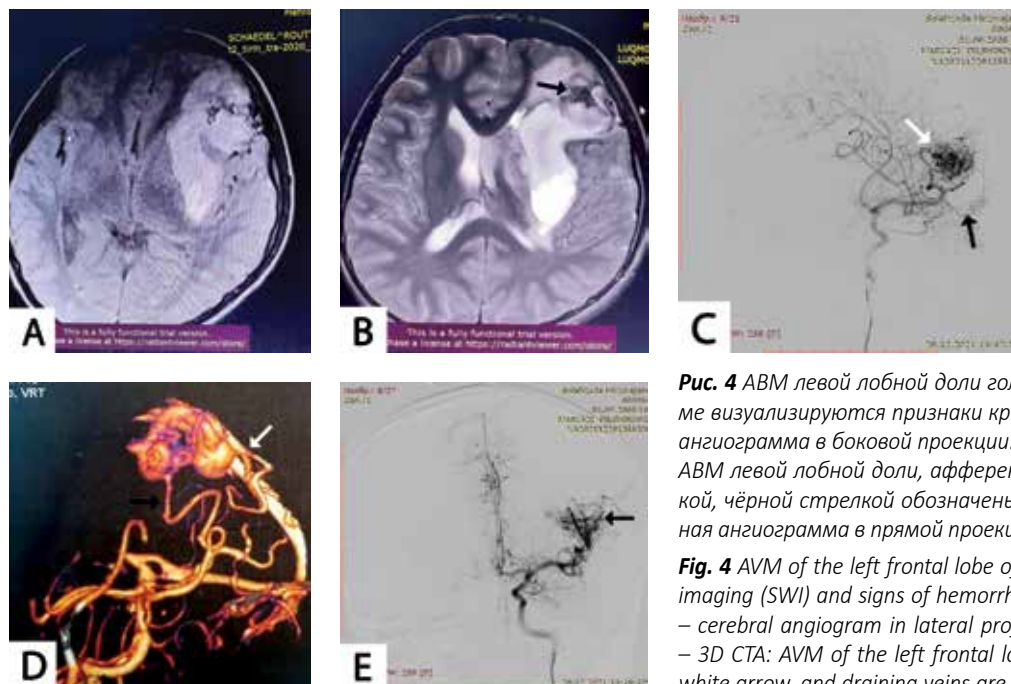


Рис. 4 АВМ левой лобной доли головного мозга: МРТ-SWI и в T2 режиме визуализируются признаки кровоизлияния (А, В). С – церебральная ангиограмма в боковой проекции: АВМ левой лобной доли. D – 3D КТА: АВМ левой лобной доли, афферентные сосуды указаны белой стрелкой, чёрной стрелкой обозначены дренирующие вены. Е – церебральная ангиограмма в прямой проекции: АВМ левой лобной доли

Fig. 4 AVM of the left frontal lobe of the brain: MRI-susceptibility weighted imaging (SWI) and signs of hemorrhage are visualized in T2 mode (A, B). C – cerebral angiogram in lateral projection: AVM of the left frontal lobe. D – 3D CTA: AVM of the left frontal lobe, afferent vessels are indicated by a white arrow, and draining veins are indicated by a black arrow. E – cerebral angiogram in direct projection: AVM of the left frontal lobe

ния после клипирования сосудов оказалась ниже, чем при КТА, так как при применении клипс из титанового материала отмечается сохранение артефактов [24]. Согласно приведённой в литературных источниках классификации артефактов, обусловленных клипированием сосудов, при КТА исследовании чаще наблюдаются градации без привязки к сосудистым бассейнам [23-25].

КТ-исследование считается первоначальным методом визуализационной диагностики при наличии клинических проявлений сосудистого кровоизлияния. Данный метод позволяет определить свежие признаки кровоизлияния, определяемые в виде сигнала повышенной интенсивности. Чувствительность данного способа

signs of the presence of vascular malformations as dilation and calcification of the vessels located in the area of hemorrhage. In addition, the blood distribution pattern may be an indirect sign of the presence of vascular malformation. For example, in contrast to hemorrhagic stroke, which is characterized by a deeper location, hemorrhages from AVMs are characterized by superficial localization [27].

In the asymptomatic course of hemorrhage, in most cases, an MRI of the brain is initially performed. In the course of CT and MRI of the brain, AVMs are determined as volumetric formations with blurred contours within the boundaries of the cere-

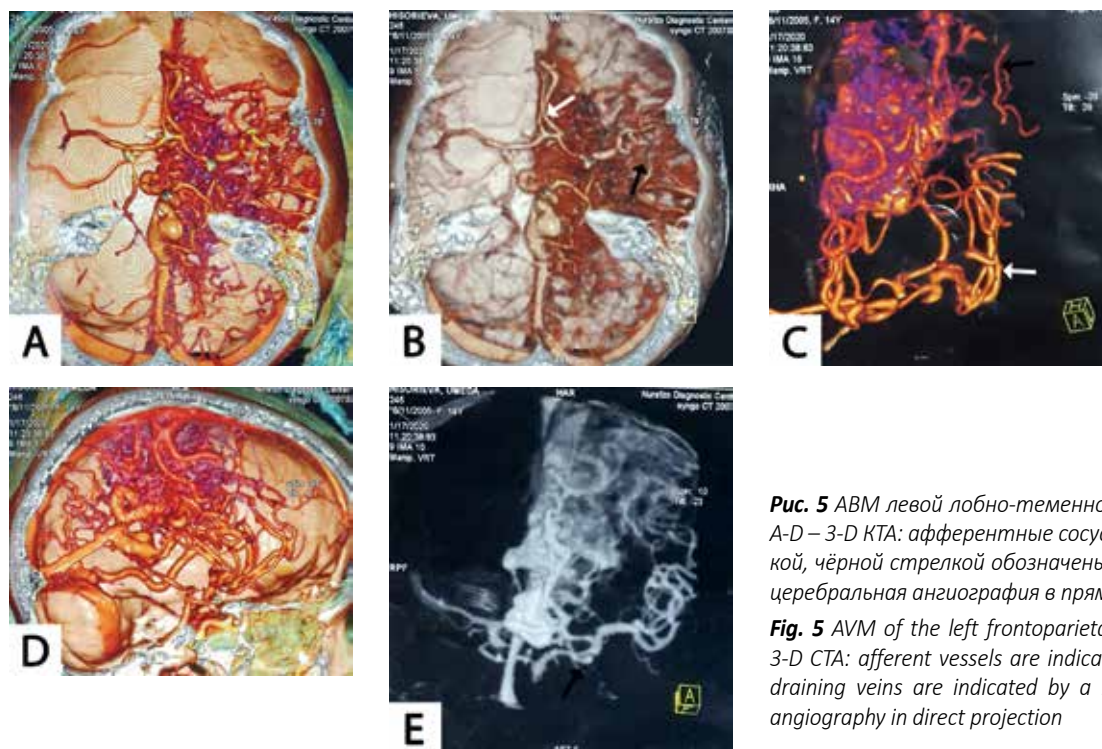


Рис. 5 АВМ левой лобно-теменной доли головного мозга. А-Д – 3-D КТА: афферентные сосуды указаны белой стрелкой, чёрной стрелкой обозначены дренирующие вены. Е – церебральная ангиография в прямой проекции

Fig. 5 AVM of the left frontoparietal lobe of the brain. A-D – 3-D CTA: afferent vessels are indicated by a white arrow, and draining veins are indicated by a black arrow. E – cerebral angiography in direct projection

составляет 90% и выше [26]. С помощью бесконтрастного КТ-исследования можно определить такие дополнительные признаки наличия сосудистых мальформаций, как расширение и кальцификация сосудов, расположенных в зоне кровоизлияния. Помимо этого, косвенным признаком наличия сосудистой мальформации может являться характер распространения крови. Например, в отличие от геморрагического инсульта, характеризующегося более глубоким расположением, при кровоизлияниях из АВМ отмечается поверхностная их локализация [27].

При бессимптомном течении кровоизлияния в большинстве случаев первоначально выполняется МРТ головного мозга. В ходе проведения КТ и МРТ головного мозга АВМ определяются в виде объёмных образований, имеющих нечёткие контуры в границах мозговых полушарий. Визуализация АВМ на T1 и T2-ВИ МРТ представлено в виде сигнала низкой интенсивности, а в режиме Flair (режим с подавлением сигнала свободной воды) наблюдается наличие «пустоты» в локальных сосудах. С помощью МРТ можно полноценно изучить расположенную вокруг АВМ структуру мозговой паренхимы. С целью обнаружения мелких очагов кровоизлияния и определения экстрацеллюлярного гемосидерина, не визуализируемого при стандартных режимах МРТ, необходимо применение МРТ с высокоразрешающей способностью в режимах, обладающих чувствительностью к железу, каковыми являются T2-градиентное эхо (GRE) и SWI. Усиление сигнала, отмечаемого в режиме Flair, говорит о наличии глиоза [7, 8].

Таким образом, мы надеемся, что эта публикация может быть полезной для тех, кто интересуется АВМ и АА в целом, а также для клиницистов и учёных, которые, возможно, дополнят разнообразный арсенал описанных здесь методов диагностики и лечения АВМ и АА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Более широкое использование современных и высокоинформативных методов визуализации увеличивает частоту выявления бессимптомных АВМ и АА. Это, в свою очередь, способствует проведению лечебных мероприятий в относительно безопасный период болезни, тем самым, снижая частоту летальных исходов и серьёзных осложнений.

bral hemispheres. Visualization of AVMs on T1 and T2-WI MRI is presented as a low-intensity signal, and in the FLAIR mode (fluid attenuated inversion recovery), the regional vessels look “empty”. With the help of MRI, it is possible to fully examine the structure of the brain parenchyma located around the AVM. In order to detect small foci of hemorrhage and to identify extracellular hemosiderin that is not visualized with standard MRI modes, it is necessary to use high-resolution MRI in iron-sensitive modes, which are T2-weighted gradient echo (GRE) and SWI. An increase in the signal observed in the FLAIR mode indicates the presence of gliosis [7, 8].

Thus, we hope that this publication may be useful for those interested in AVMs and AA in general, as well as for clinicians and scientists, who may add to the diverse arsenal of methods for diagnosing and treating AVMs and AA described here.

CONCLUSION

Wider use of modern and highly informative imaging methods increases the frequency of detection of asymptomatic AVMs and AA. This, in turn, contributes to the implementation of treatment techniques in a relatively safe period of the disease, thereby reducing the incidence of deaths and serious complications.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов ВВ, Дашьян ВГ, Левченко ОВ, Природов АВ, Годков ИМ, Дмитриев АЮ, и др. Новые технологии в хирургии нетравматических внутримозговых кровоизлияний. *Неотложная медицинская помощь*. 2013;3:48-54.
2. Крылов ВВ (ред.) *Хирургия аневризм головного мозга. Т. 1*. Москва, РФ: ИП Т.А. Алексеева; 2011. 419 с.
3. Williams LN, Brown RD Jr. Management of unruptured intracranial aneurysms. *Neurol Clin Pract* 2013;3(2):99-108. <https://doi.org/10.1212/CPI.0b013e31828d9f6b>
4. Brown RD, Broderick JP. Unruptured intracranial aneurysms: Epidemiology, natural history, management options, and familial screening. *Lancet Neurol* 2014;13(4):393-404. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70015-8](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70015-8)
5. Rashad S, Hassan T, Aziz W, Marei A. Carotid artery occlusion for the treatment of symptomatic giant carotid aneurysms: A proposal of classification and surgical protocol. *Neurosurg Rev*. 2014;37(3):501-11.
6. Steiner T, Al-Shahi Salman R, Beer R, Christensen H, Cordonnier C, Csiba L, et al. European Stroke Organization (ESO) guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage. *International Stroke*. 2014;9(7):840-55. <https://doi.org/10.1111/ijvs.12309>

REFERENCES

1. Krylov VV, Dashyan VG, Levchenko OV, Prirodov AV, Godkov IM, Dmitriev AYU, i dr. Novye tekhnologii v khirurgii netravmaticheskikh vnutricherepykh krovoizliyaniy [New technologies in surgery of nontraumatic intracranial hemorrhage]. *Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'*. 2013;3:48-54.
2. Krylov VV (red.) *Khirurgiya anevrizm golovnogo mozga. T. I [Surgery for cerebral aneurysms. Vol. I]*. Moscow, RF: IP T.A. Alekseeva; 2011. 419 p.
3. Williams LN, Brown RD Jr. Management of unruptured intracranial aneurysms. *Neurol Clin Pract* 2013;3(2):99-108. <https://doi.org/10.1212/CPI.0b013e31828d9f6b>
4. Brown RD, Broderick JP. Unruptured intracranial aneurysms: Epidemiology, natural history, management options, and familial screening. *Lancet Neurol* 2014;13(4):393-404. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70015-8](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70015-8)
5. Rashad S, Hassan T, Aziz W, Marei A. Carotid artery occlusion for the treatment of symptomatic giant carotid aneurysms: A proposal of classification and surgical protocol. *Neurosurg Rev*. 2014;37(3):501-11.
6. Steiner T, Al-Shahi Salman R, Beer R, Christensen H, Cordonnier C, Csiba L, et al. European Stroke Organization (ESO) guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage. *International Stroke*. 2014;9(7):840-55. <https://doi.org/10.1111/ijvs.12309>

7. Gaab MR. Intracerebral hemorrhages from cerebral arteriovenous malformations: Prognostic grading. *World Neurosurgery*. 2016;93:471-3. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.05.068>
8. Solomon RA, Connolly ES. Arteriovenous malformations of the Brain. *N Engl J Med*. 2017;376:1859-66. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1607407>
9. Spetzler RF, Martin NA. A proposed grading system for arteriovenous malformations. *J Neurosurg*. 1986;65(3):476-83. <https://doi.org/10.3171/jns.1986.65.4.0476>
10. Mendelow AD, Gregson BA, Murray GD, Gholkar A, Mitchell PM; STICH II Investigators. Early surgery versus initial conservative treatment in patients with spontaneous supratentorial intracerebral haematomas in the International Surgical Trial in Intracerebral Haemorrhage (STICH II): A randomised trial. *Lancet*. 2013;382:397-408.
11. De Oliveira Manoel AL. Surgery for spontaneous intracerebral hemorrhage. *Crit Care*. 2020;24(1):45. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2749-2>
12. Abia AA, Lawton MT. Anterior cerebral artery bypass for complex aneurysms: An experience with intracranial-intracranial reconstruction and review of bypass options. *J Neurosurg*. 2014;120(6):1364-77.
13. Hasegawa K, Fix ML, Wendell L, Schwab K, Ay H, Smith EE, et al. Ischemic-appearing electrocardiographic changes predict myocardial injury in patients with intracerebral hemorrhage. *Am J Emerg Med*. 2012;30:545-52.
14. Molyneux AJ, Clarke A, Sneade M, Mehta Z, Coley S, Roy D, et al. Cerecyte coil trial: Angiographic outcomes of a prospective randomized trial comparing endovascular coiling of cerebral aneurysms with either cerecyte or bare platinum coils. *Stroke*. 2012;43(10):2544-50.
15. Mossa-Basha M, Chen J, Gandhi D. Imaging of cerebral arteriovenous malformations and dural arteriovenous fistulas. *Neurosurgery Clinics of North America*. 2012;23(1):27-42.
16. Roach CJ, Russell CL, Hanson EH, Bluett B, Orrison WJ. Appearance and impact of post-operative intracranial clips and coils on whole-brain CT angiography and perfusion. *Eur J Radiol*. 2012;81(5):960-7. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.01.118>
17. Uricchio M, Gupta S, Jakowenko N, Levito M, Vu N, Doucette J, et al. Computed tomography angiography versus digital subtraction angiography for postclipping aneurysm obliteration detection. *Stroke*. 2019;50(2):381-8. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.023614>
18. Patino M, Prochowski A, Agrawal MD, Simeone FJ, Gupta R, Hahn PF, et al. Material separation using dual-energy CT: Current and emerging applications. *Radiographics*. 2016;36(4):1087-105.
19. Brown MA, Parish J, Guandique CF, Payner TD, Horner T, Leipzig T, et al. A long-term study of durability and risk factors for aneurysm recurrence after microsurgical clip ligation. *Journal of Neurosurgery*. 2017;126(3):819-24. <https://doi.org/10.3171/2016.2.JNS152059>
20. Gawlitza M, Januel AC, Tall P, Bonneville F, Cognard C. Flow diversion treatment of complex bifurcation aneurysms beyond the circle of Willis: A single-center series with special emphasis on covered cortical branches and perforating arteries. *J Neurointerv Surg*. 2016;8:481-7.
21. Molyneux AJ, Kerr RS, Yu LM, Clarke M, Sneade M, Yarnold JA, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: A randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion. *Lancet*. 2005;366(9488):809-17. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67214](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67214)
22. Крылов ВВ, Григорьева ЕВ. *КТ-ангиография аневризм головного мозга*. Москва, РФ: Принт-Студио; 2020. 216 с.
23. Bier G, Bongers MN, Hempel JM, Orgel A, Hauser TK, Ernemann U, et al. Follow-up CT and CT angiography after intracranial aneurysm clipping and coiling-improved image quality by iterative metal artifact reduction. *Neuroradiology*. 2017;59(7):649-54. <https://doi.org/10.1007/s00234-017-1855-6>
24. Kimura Y, Mikami T, Miyata K, Suzuki H, Hirano T, Komatsu K, et al. Vascular assessment after clipping surgery using four-dimensional CT angiography. *Neurosurgical Review*. 2019;42(1):107-14. <https://doi.org/10.1007/s10143-018-0962-0>
25. Dunet V, Bernasconi M, Hajdu SD, Meuli RA, Daniel RT, Zerlauth JB. Impact of metal artifact reduction software on image quality of gemstone spectral imaging dual-energy cerebral CT angiography after intracranial aneurysm clipping. *Neuroradiology*. 2017;59(9):845-52. <https://doi.org/10.1007/s00234-017-1871-6>
26. McCormack RF, Hutson A. Can computed tomography angiography of the brain replace lumbar puncture in the evaluation of acute-onset headache after a negative noncontrast cranial computed tomography scan? *Acad Emerg Med*. 2010;17(4):444-51.
7. Gaab MR. Intracerebral hemorrhages from cerebral arteriovenous malformations: Prognostic grading. *World Neurosurgery*. 2016;93:471-3. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.05.068>
8. Solomon RA, Connolly ES. Arteriovenous malformations of the Brain. *N Engl J Med*. 2017;376:1859-66. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1607407>
9. Spetzler RF, Martin NA. A proposed grading system for arteriovenous malformations. *J Neurosurg*. 1986;65(3):476-83. <https://doi.org/10.3171/jns.1986.65.4.0476>
10. Mendelow AD, Gregson BA, Murray GD, Gholkar A, Mitchell PM; STICH II Investigators. Early surgery versus initial conservative treatment in patients with spontaneous supratentorial intracerebral haematomas in the International Surgical Trial in Intracerebral Haemorrhage (STICH II): A randomised trial. *Lancet*. 2013;382:397-408.
11. De Oliveira Manoel AL. Surgery for spontaneous intracerebral hemorrhage. *Crit Care*. 2020;24(1):45. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2749-2>
12. Abia AA, Lawton MT. Anterior cerebral artery bypass for complex aneurysms: An experience with intracranial-intracranial reconstruction and review of bypass options. *J Neurosurg*. 2014;120(6):1364-77.
13. Hasegawa K, Fix ML, Wendell L, Schwab K, Ay H, Smith EE, et al. Ischemic-appearing electrocardiographic changes predict myocardial injury in patients with intracerebral hemorrhage. *Am J Emerg Med*. 2012;30:545-52.
14. Molyneux AJ, Clarke A, Sneade M, Mehta Z, Coley S, Roy D, et al. Cerecyte coil trial: Angiographic outcomes of a prospective randomized trial comparing endovascular coiling of cerebral aneurysms with either cerecyte or bare platinum coils. *Stroke*. 2012;43(10):2544-50.
15. Mossa-Basha M, Chen J, Gandhi D. Imaging of cerebral arteriovenous malformations and dural arteriovenous fistulas. *Neurosurgery Clinics of North America*. 2012;23(1):27-42.
16. Roach CJ, Russell CL, Hanson EH, Bluett B, Orrison WJ. Appearance and impact of post-operative intracranial clips and coils on whole-brain CT angiography and perfusion. *Eur J Radiol*. 2012;81(5):960-7. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.01.118>
17. Uricchio M, Gupta S, Jakowenko N, Levito M, Vu N, Doucette J, et al. Computed tomography angiography versus digital subtraction angiography for postclipping aneurysm obliteration detection. *Stroke*. 2019;50(2):381-8. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.023614>
18. Patino M, Prochowski A, Agrawal MD, Simeone FJ, Gupta R, Hahn PF, et al. Material separation using dual-energy CT: Current and emerging applications. *Radiographics*. 2016;36(4):1087-105.
19. Brown MA, Parish J, Guandique CF, Payner TD, Horner T, Leipzig T, et al. A long-term study of durability and risk factors for aneurysm recurrence after microsurgical clip ligation. *Journal of Neurosurgery*. 2017;126(3):819-24. <https://doi.org/10.3171/2016.2.JNS152059>
20. Gawlitza M, Januel AC, Tall P, Bonneville F, Cognard C. Flow diversion treatment of complex bifurcation aneurysms beyond the circle of Willis: A single-center series with special emphasis on covered cortical branches and perforating arteries. *J Neurointerv Surg*. 2016;8:481-7.
21. Molyneux AJ, Kerr RS, Yu LM, Clarke M, Sneade M, Yarnold JA, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: A randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion. *Lancet*. 2005;366(9488):809-17. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67214](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67214)
22. Krylov VV, Grigorieva EV. *КТ-ангиография аневризм головного мозга [CT angiography of cerebral aneurysms]*. Moscow, RF: Print-Studio; 2020. 216 p.
23. Bier G, Bongers MN, Hempel JM, Orgel A, Hauser TK, Ernemann U, et al. Follow-up CT and CT angiography after intracranial aneurysm clipping and coiling-improved image quality by iterative metal artifact reduction. *Neuroradiology*. 2017;59(7):649-54. <https://doi.org/10.1007/s00234-017-1855-6>
24. Kimura Y, Mikami T, Miyata K, Suzuki H, Hirano T, Komatsu K, et al. Vascular assessment after clipping surgery using four-dimensional CT angiography. *Neurosurgical Review*. 2019;42(1):107-14. <https://doi.org/10.1007/s10143-018-0962-0>
25. Dunet V, Bernasconi M, Hajdu SD, Meuli RA, Daniel RT, Zerlauth JB. Impact of metal artifact reduction software on image quality of gemstone spectral imaging dual-energy cerebral CT angiography after intracranial aneurysm clipping. *Neuroradiology*. 2017;59(9):845-52. <https://doi.org/10.1007/s00234-017-1871-6>
26. McCormack RF, Hutson A. Can computed tomography angiography of the brain replace lumbar puncture in the evaluation of acute-onset headache after a negative noncontrast cranial computed tomography scan? *Acad Emerg Med*. 2010;17(4):444-51.

27. Palm F, Henschke N, Wolf J, Zimmer K, Safer A, Schröder RJ, et al. Intracerebral haemorrhage in a population-based stroke registry (LuSSt): Incidence, aetiology, functional outcome and mortality. *J Neurol.* 2013;260:2541-50. <https://doi.org/10.1007/s00415-013-7013-0>
27. Palm F, Henschke N, Wolf J, Zimmer K, Safer A, Schröder RJ, et al. Intracerebral haemorrhage in a population-based stroke registry (LuSSt): Incidence, aetiology, functional outcome and mortality. *J Neurol.* 2013;260:2541-50. <https://doi.org/10.1007/s00415-013-7013-0>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Рахимов Нарзулло Одинаевич, кандидат медицинских наук, врач нейрохирург, Национальный медицинский центр Республики Таджикистан «Шифобахш»

ORCID ID: 0000-0002-8471-1808

E-mail: narzullorahimov91@gmail.com

Лукьянчиков Виктор Александрович, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения неотложной нейрохирургии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского; профессор кафедры нейрохирургии и нейрореанимации, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова

ORCID ID: 0000-0003-4518-9874

E-mail: vik-luk@yandex.ru

Рахмонов Хуршед Джамшедович, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения нейрохирургии, Национальный медицинский центр Республики Таджикистан «Шифобахш»; доцент кафедры нейрохирургии и сочетанной травмы, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино

ORCID ID: 0000-0002-6782-2979

E-mail: doc-Rahmonov@mail.ru

Бердиев Рустам Намозович, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нейрохирургии и сочетанной травмы, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино

ORCID ID: 0000-0002-4804-1931

E-mail: namozoda@mail.ru

Шоев Саъдулло Назуллоевич, кандидат медицинских наук, заведующий отделением нейрохирургии, Комплекс здоровья «Истиклол»

ORCID ID: 0000-0002-6789-2777

E-mail: shoev76@mail.ru

Давлатов Манучехр Валиевич, ассистент кафедры нейрохирургии и сочетанной травмы, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино

ORCID ID: 0000-0002-5504-19388

E-mail: manuchehrd@mail.ru

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Рахимов Нарзулло Одинаевич

кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург, Национальный медицинский центр Республики Таджикистан «Шифобахш»

734026, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Сомони, 59

Тел.: +992 (918) 470304

E-mail: narzullorahimov91@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

Rakhimov Narzullo Odinaevich, Candidate of Medical Sciences, Neurosurgeon, National Medical Center of the Republic of Tajikistan «Shifobakhsh»

ORCID ID: 0000-0002-8471-1808

E-mail: narzullorahimov91@gmail.com

Lukyanchikov Viktor Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher, Department of Urgent Neurosurgery, Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Professor of the Department of Neurosurgery and Neuroresuscitation, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry

ORCID ID: 0000-0003-4518-9874

E-mail: vik-luk@yandex.ru

Rakhmonov Khurshed Dzhamsheдович, Doctor of Medical Sciences, Principal Researcher, National Medical Center of the Republic of Tajikistan «Shifobakhsh»; Associate Professor of the Department of Neurosurgery and Polytrauma, Avicenna Tajik State Medical University

ORCID ID: 0000-0002-6782-2979

E-mail: doc-Rahmonov@mail.ru

Berdiev Rustam Namozovich, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Neurosurgery and Polytrauma, Avicenna Tajik State Medical University

ORCID ID: 0000-0002-4804-1931

E-mail: namozoda@mail.ru

Shoev Sadullo Nazulloevich, Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Neurosurgery, Health Complex «Istiklol»

ORCID ID: 0000-0002-6789-2777

E-mail: shoev76@mail.ru

Davlatov Manuchekhr Valievich, Assistant of the Department of Neurosurgery and Polytrauma, Avicenna Tajik State Medical University

ORCID ID: 0000-0002-5504-19388

E-mail: manuchehrd@mail.ru

Information about support in the form of grants, equipment, medications

The authors did not receive financial support from companies manufacturing medications and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Rakhimov Narzullo Odinaevich

Candidate of Medical Sciences, Neurosurgeon, National Medical Center of the Republic of Tajikistan «Shifobakhsh»

734026, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Somoni Ave., 59

Tel.: +992 (918) 470304

E-mail: narzullorahimov91@gmail.com

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: РНО, ЛВА
Сбор материала: РХД, ШСН, ДМВ
Статистическая обработка данных: БРН, ШСН, ДМВ
Анализ полученных данных: РНО, ЛВА
Подготовка текста: РНО, БРН
Редактирование: ЛВА, РХД, БРН
Общая ответственность: РНО

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: RNO, LVA
Data collection: RKhD, ShSN, DMV
Statistical analysis: BRN, ShSN, DMV
Analysis and interpretation: RNO, LVA
Writing the article: RNO, BRN
Critical revision of the article: LVA, RKhD, BRN
Overall responsibility: RNO

Поступила 27.09.22
Принята в печать 22.12.22

Submitted 27.09.22
Accepted 22.12.22