Краткое сообщение https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-800-807



Радиохирургическое лечение пациента с разрывом артериовенозной мальформации, расположенной в функционально значимой зоне

А.С. Токарев, С.А. Чувилин, М.В. Незнанова^{\,}, Г.В. Койнаш, П.Д. Матвеев

Центр радиохирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» Российская Федерация, 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3

🖂 Контактная информация: Незнанова Мария Викторовна, врач-рентгенолог, центр радиохирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Email: mashaneznanova@inbox.ru

РЕЗЮМЕ	Артериовенозные мальформации (АВМ) головного мозга – достаточно редкие сосудистые па-
PESIOME	Артериовенозные мальформации (ABM) головного мозга — достаточно редкие сосудистые па- тологии, однако являются опасными для жизни в связи с риском развития внутримозгового кровоизлияния. Стереотаксическое радиохирургическое лечение пациентов с ABM головного мозга применяют в тех случаях, когда удаление хирургическим способом не возможно или не может быть проведена эмболизация с устойчивым окклюзионным эффектом. В настоящее вре- мя для диагностики ABM все чаще используют магнитно-резонансную томографию (MPT) из-за ее неинвазивности и минимальных рисков. При расположении мальформации в функционально значимой зоне для оценки ее взаиморасположения и картирования применяют неинвазивную методику — функциональную MPT. Нами представлен опыт радиохирургического лечения пациента 43 лет с разрывом ABM, рас- положенной в левой височной доле, вблизи зоны Вернике. Больному было проведено стерео- таксическое радиохирургическое лечение на аппарате <i>"Elekta Leksell Gamma Knife Perfection</i> ",
	с учетом расположения ABM в функционально значимой зоне, выполнили предоперационное картирование. По прошествии двух лет по данным MP-ангиографии артериальный компонент в проекции облученной ABM не визуализировался, что подтверждалось данными церебральной ангиографии. Таким образом, на клиническом примере продемонстрирована высокая эффективность MPT в диагностике и оценке результатов проведенного стереотаксического радиохирургического лечения ABM.
Ключевые слова:	артериовенозная мальформация; стереотаксическая радиохирургия; «Гамма-Нож»; магнитно- резонансная томография; МР-ангиография; функциональная магнитно-резонансная томография, разрыв АВМ
Ссылка для цитирования	Токарев А.С., Чувилин С.А., Незнанова М.В., Койнаш Г.В., Матвеев П.Д. Радиохирургическое лечение пациента с разрывом артериовенозной мальформации, расположенной в функционально значимой зоне. <i>Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь.</i> 2021;10(4):800–807. https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-800-807
Конфликт интересов	Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Благодарность, финансирование	Исследование не имеет спонсорской поддержки

АВМ — артериовенозная мальформация ОАА — общая антиокислительная активность АПФ – ангиотензинпревращающий фермент ΠА — поздние стадии апоптоза АЧТВ — активированное частичное тромбопластиновое время ПОЛ — перекисное окисление липидов взвешенное изображение PA ранние стадии апоптоза ИА_м – индекс агрегации эритроцитов в покое СМА — средняя мозговая артерия ИА _____ – индекс агрегации эритроцитов в движении СМП – среднемолекулярные пептиды - коэффициент нейтрофильной стимуляции — стереотаксическое радиохирургическое лечение CPX — коэффициент окислительного стресса TB тромбиновое время - компьютерная томография фМРТ — функциональная магнитно-резонансная томография МДА — малоновый диальдегид ЦАГ — церебральная ангиография МНО — международное нормализованное отношение ЦИК Б — циркулирующие иммунные комплексы большие НСТ-тест- тест на нитросиний тетразолий ЦИК М - циркулирующие иммунные комплексы малые иНСТ — индуцированный НСТ-тест ЦИК С — циркулирующие иммунные комплексы средние МРТ — магнитно-резонансная томография NOx — оксид азота нитрита/нитрата

ВИ

К

K

ΚT

[©] Токарев А.С., Чувилин С.А., Незнанова М.В., Койнаш Г.В., Матвеев П.Д., М., 2021

Артериовенозные мальформации (ABM) — это врожденные аномалии сосудов головного мозга, которые представляют собой «клубок» патологически сформированных сосудов, шунтирующих кровь из артериального русла в венозное без участия капиллярной сети. Частота встречаемости ABM составляет 1,34 на 100 000 населения [1]. За счет неполноценно сформированных стенок шунтирующих сосудов, а также высокого давления и скорости потока в структуре ABM повышается риск их разрыва с последующими внутричерепными кровоизлияниями. Риск этот составляет 1,2–4% в год, а при уже разорвавшихся ABM достигает 6–18% в год [2, 3]. Инвалидизация после кровоизлияния из ABM наступает у 58–81% больных [4].

На сегодняшний день существует несколько способов лечения больных с ABM головного мозга, которым отдают предпочтение в зависимости от размера, строения, локализации мальформации и состояния пациента: микрохирургическое удаление, эндоваскулярная эмболизация, стереотаксическая радиохирургия, а также комбинированное лечение.

Стереотаксическое радиохирургическое лечение (СРХ) пациентов с ABM головного мозга применяют в тех случаях, когда удаление хирургическим способом невозможно или не может быть проведена эмболизация с устойчивым окклюзионным эффектом. Под действием ионизирующего излучения в стенках кровеносных сосудов происходит пролиферация эндотелия, что приводит к постепенному сужению просвета сосуда (облитерация). Процесс облитерации является длительным и занимает от 1 года (у 50% пациентов) до 2 или 3 лет (у 80% и 90% пациентов, соответственно) [5, 6]. Вероятность наступления облитерации ABM составляет 50–95% через 5 лет после однократного радиохирургического лечения [7–11].

Для диагностики ABM используют различные методы исследования: церебральную ангиографию (ЦАГ), компьютерную томографию (КТ) и магнитно-резонансную томографию (MPT). Ранее наиболее часто используемым методом в диагностике сосудистых заболеваний являлась ЦАГ головного мозга. Однако этот метод не подходит для мониторинга пациентов с АВМ без разрыва и может быть осуществлен только в условиях стационара, где есть возможность правильно и адекватно принять меры в случае возникновения таких рисков, как спонтанно возникшее кровотечение, аллергические реакции, нефротоксичность и тромбоэмболия [12]. Метод КТ не дает стопроцентной информации о строении узла ABM, также достаточно затруднительно определить афферентные (сенсорные) и эфферентные (двигательные) проводящие пути нервных волокон без введения контрастного препарата.

В таком случае важную роль в диагностике ABM играет неинвазивная методика — магнитно-резонансная томография. Данные MPT позволяют получить информацию как о строении ABM и ее размерах, так и о структурных изменениях вещества головного мозга (перифокальный отек, давность кровоизлияния и др.). Для оценки сосудистых структур при проведении MPT не всегда требуется введение контрастного препарата, но если возникает такая необходимость для получения дополнительных данных, то используют контрастный препарат на основе гадолиния (редкоземельный металл, парамагнетик), который не вызывает острых аллергических реакций. Поэтому MPT и MP-ангиографию все чаще используют в диагностике ABM, а также все больше пациентов предпочитают именно этот метод из-за его неинвазивности и минимальных рисков.

Если ABM анатомически расположена в функционально значимой зоне или тесно прилежит к ней, то для ее картирования с целью точной пространственой оценки и предварительного анализа ее нахождения относительно близкорасположенных структур мозга применяют неинвазивную методику — функциональную магнитно-резонансную томографию (фМРТ). Этот метод основан на регистрации локальных изменений уровня оксигенации венозной крови в головном мозге при выполнении определенного задания (парадигмы) или же в состоянии покоя. Изображения, получаемые при этом, называются *BOLD*-контрастными (от англ. *BOLD — Blood Oxygen Level Dependent*).

МРТ применяют не только при планировании радиохирургической операции и для получения истинного объема мальформации, но и для оценки результатов лечения. По данным различных авторов, чувствительность МРТ в оценке облитерации достаточно высока и составляет 73–86% по данным *L.D. Lunsford* [13] и 78,1–80,6% по данным *O. Abdelaziz* [14]. МРТ может достигать 96% точности в оценке облитерации в сравнении с 75% по данным ЦАГ [13].

В отделении центра радиохирургии НИИ СП им. Н.В. Склифосовского в период с апреля 2016 года по декабрь 2019 года было проведено 53 исследования МРТ для подготовки пациентов к СРХ. Первым этапом с целью снижения возможного неврологического дефицита после процедуры пациентам с АВМ в функционально значимых зонах в процессе предоперационной подготовки до наложения стереотаксической рамы проводили фМРТ.

В приведенном ниже наблюдении рассматривается пример лечения пациента Б. с ABM левой височной доли.

Пациент Б., 43 года, поступил в нейрохирургическое отделение НИИ СП им. Н.В. Склифосовского. При поступлении предъявлял жалобы на потерю сознания, генерализованные эпилептические припадки с частотой 1 раз в месяц. Из анамнеза известно, что за месяц до госпитализации в городской клинической больнице у больного был диагностирован разрыв АВМ левой височной доли, классификация АБМ по Spetzler-Martin - II. Общее состояние больного было удовлетворительным. Уровень бодрствования ясное сознание, по Шкале комы Глазго (ШКГ) – 15 баллов. Менингеальные симптомы отсутствовали. Зрачки OD=OS, фотореакции, корнеальные рефлексы были сохранены, живые. Нистагм не определялся. Лицо симметричное, язык по средней линии. Парезов и расстройств чувствительности не обнаружено. Координаторные пробы выполнял удовлетворительно. Функции тазовых органов не нарушены. Афазия отсутствовала.

Пациенту для уточнения характера изменений и верификации повторного разрыва ABM была проведена MPT на аппарате *GE Signa HDxT* 3.0 *T* (табл. 1) по расширенному протоколу. Как видно из таблицы протокол MPT включал импульсные последовательности для визуализации вещества головного мозга, оценки сосудов, а также изображения фМРТ для оценки расположения функционально значимых зон.

По данным МРТ, в левой височной доле, в задних отделах верхней височной извилины определялась сеть патологически извитых сосудов, линейные размеры которой составляли 15x15x15 мм. Перифокальное вещество мозга было с признаками гемосидероза (МР-признаки перенесенного кровоизлияния). По данным МР-ангиографии интракраниальных артерий в извитых сосудах описанного образования и дренирующей вене определялся артериальный кровоток (диаметр сосудов не превышал 0,5 мм). К сосудистому узлу подходили корковые ветви левой средней мозговой артерии — СМА (рис. 1, 2).

Таблица 1

Расширенный протокол магнитно-резонансной томографии Table 1

Advanced Magnetic Resonance Imaging Protocol

Название импульсной последовательности (ИП)	Описание ИП	Назначение ИП		
Ax T2 <i>FLAIR</i>	FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery — режим с подавлением сигнала от свободной воды) в аксиальной проекции	Для оценки вещества головного мозга и поиска патологических изменений		
Sag CUBE T1	3D-T1-градиентное эхо в сагиттальной проекции (последовательность для быстрого получения T1-взвешенных изображений, сформированная из двух разнополярных импульсов)	Для получения анатомических данных		
Ax SWI	Градиентное эхо в аксиальной проекции (вид ИП <i>GRE</i>)	Изображения повышенной контрастности, чувствительные к венозной крови, кровоизлияниям и накоплениям железа		
3D-TOF	Бесконтрастная трехмерная времяпролетная магнитно-резонансная ангиография	Оценка строения интракраниальных артерий		
Ax T2*	T2*— тканевый параметр, характеризующий спад свободной индукции) в аксиальной проекции	Для получения функциональных данных		







Рис. 1. Магнитно-резонансная томография головного мозга пациента Б. перед проведением стереотаксического радиохирургического лечения артериовенозной мальформации. *А* — Ах T1 с контрастным усилением, *B* — *Sag* T1 с контрастным усилением, *C* — *SWI* (*susceptibility weighted imaging* — визуализация, взвешенная по восприимчивости). В левой височной доле определяется артериовенозная мальформация (контуры обозначены красным цветом), линейными размерами до 15х15х15 мм, по данным *SWI* с наличием перенесенного кровоизлияния (гипоинтенсивный участок по переднему контуру образования) (обозначен желтой стрелкой)

Fig. 1. Magnetic resonance imaging of the brain of patient B. before carrying out stereotactic radiosurgical treatment of arteriovenous malformation. A – Ax T1 with contrast enhancement, B – Sag T1 with contrast enhancement, C – SWI (susceptibility weighted imaging). In the left temporal lobe, arteriovenous malformation is determined (the contours are marked in red), linear dimensions up to 15x15x15 mm, according to SWI data with the presence of a previous hemorrhage (hypointense area along the anterior contour of the formation) (indicated by a yellow arrow)



Рис. 2. Магнитно-резонансная томография головного мозга пациента перед проведением стереотаксического радиохирургического лечения. *А* — Ах 3D-TOF, *B* — 3*D* реконструкция в сагиттальной проекции, *C* — 3*D* реконструкция в аксиальной проекции. В клубке патологических сосудов в левой височной доле (артериовенозная мальформация) (границы обозначены красным цветом) определяется МР-сигнал, характерный для артериального кровотока, аналогичный сигнал определяется и в дренирующей вене, диаметр артериальных сосудов не превышает 0,5 мм, диаметр дренирующей вены — до 5,0 мм (зеленая стрелка). К сосудистому узлу подходят корковые ветви левой средней мозговой артерии (обозначены желтыми стрелками)

Fig. 2. Magnetic resonance imaging of the patient's brain prior to stereotactic radiosurgical treatment. A - Ax 3D-TOF, B - 3D reconstruction in the sagittal projection C - 3 D reconstruction in axial projection. In the tangle of pathological vessels in the left temporal lobe (arteriovenous malformation) (borders are marked in red), an MR signal characteristic of arterial blood flow is determined, a similar signal is detected in the draining vein, the diameter of arterial vessels does not exceed 0.5 mm, the diameter of the draining vein is up to 5.0 mm (green arrow). The cortical branches of the left middle cerebral artery approach the vascular node (indicated by yellow arrows)

С учетом того, что ABM располагалась в непосредственной близости к зоне Вернике, было проведено предоперационное картирование с использованием парадигмы для визуализации коркового представительства сенсорного центра речи. Парадигма имела блоковый дизайн ("blockdesign") и состояла из 8 периодов активного состояния пациента и 8 периодов покоя. Длительность каждого периода составляла 24 секунды. За каждый период собиралось 96 волюмов. Постобработку полученных данных осуществляли программой BrainEx (Nordic NeuroLab, Норвегия).

При выполнении функциональной МРТ с применением речевой аудиопарадигмы в левой височной доле по переднему контуру объемного образования определялась зона повышения сигнала — локализация соответствовала сенсорному центру речи (рис. 3).

После МРТ следующим этапом пациенту с разрывом ABM была проведена дигитальная субтракционная ЦАГ на аппарате SIEMENS Axiom Artis FC, по данным которой были определены два афферента из левой и эфферент с СМА поверхностным дренированием в левый поперечный синус. Размер рацемозной части составлял 15x15x15 мм (рис. 4).

АВМ в левой височной доле обладала следующими характеристиками: располагалась в функционально значимой зоне, находилась в остром периоде кровоизлияния, которое являлось повторным (с учетом анамнеза). По шкале определения риска оперативного вмешательства (классификация *Spetzler–Martin*) это соответствовало II ст. Таким образом, риск повторного кровоизлияния и ишемических осложнений в бассейне корковой затылочной ветви левой СМА был достаточно высоким. В связи с расположением АВМ в функционально значимой зоне микрохирургическое вмешательство было бы сопряжено с высоким риском инвалидизации. Поэтому пациенту было проведено СРХ на аппарате *ELEKTA Leksell GammaKnife Perfexion* (рис. 5, 6). Длительность облучения составила 138,5 минут (табл. 2).



Рис. 3 Функциональная магнитно-резонансная томография головного мозга пациента Б., выполненная перед проведением стереотаксического радиохирургичекого лечения. *А* — изображение в аксиальной плоскости, *B* — изображение в сагиттальной плоскости. Сенсорный центр речи (локальная зона белого цвета, контуры обведены красным кругом) располагается в левой височной доле, по заднему контуру к нему прилежит артериовенозная мальформация (отмечена желтыми стрелками) Fig. 3. Functional magnetic resonance imaging of the brain of patient B., performed before the stereotactic radiosurgery treatment. A — image in the axial plane, B — image in the sagittal plane. The sensory center of speech (the local area is white, the contours are circled in red) is located in the left temporal lobe, an arteriovenous malformation (marked with yellow arrows) attaches along the posterior contour

В течение 2 последующих лет пациент проходил осмотры нейрохирурга в отделении «Центр радиохирургии» со следующей периодичностью: первое посещение - через 6 месяцев после радиохирургического лечения, затем осмотр и консультация каждые 12 месяцев. В течение этого времени у пациента сохранялись генерализованные судорожные приступы, но их частота снизилась до 1 раза в 3 месяца, а также на фоне проведенного лечения был выявлен положительный эффект от приема карбамазепина. По данным предоставленных МРТ и КТ исследований, рацемозный компонент АВМ левой височной доли уменьшался с течением времени. По прошествии 2 лет с момента проведения СРХ, с учетом накопленных данных, свидетельствующих о тенденции к облитерации, было принято решение провести контрольные МРТ и ЦАГ для итогового подтверждения облитерации АВМ у данного пациента.

По итогам проведения контрольной МРТ головного мозга с внутривенным контрастным усилением и бесконтрастной МР-ангиографией интракраниальных артерий было выявлено, что на месте патологической сети в левой



Рис. 4. Дигитальная субтракционная церебральная ангиография. *А* — изображение в сагиттальной плоскости, *B* — изображение в корональной плоскости. Визуализируется артериовенозная мальформация левой височной доли (границы обозначены красным цветом), определены 2 афферента из левой средней мозговой артерии (желтые стрелки) и 1 эфферент с поверхностным дренированием в поперечный синус слева (зеленая стрелка), размер рацемозной части 15x15x15 мм

Fig. 4. Digital subtraction cerebral angiography. A — image in the sagittal plane, B — image in the coronal plane. Arteriovenous malformation of the left temporal lobe is visualized (borders are marked in red), 2 afferents from the left middle cerebral artery (yellow arrows) and 1 efferent with superficial drainage into the transverse sinus on the left (green arrow) are identified, the size of the racemose part is 15x15x15 mm

Таблица 2

Протокол стереотаксического радиохирургического лечения пациента Б. с артериовенозной мальформацией левой височной доли. Значения предписанной дозы, предписанной изодозы и максимальной дозы (Гр), использованных при стереотаксическом радиохирургическом лечении артериовенозной мальформации левой височной доли Table 2

The protocol of stereotactic radiosurgical treatment of patient B. with arterioveous malformation of the left temporal lobe. Prescribed Dose, Prescribed Isodose, and Maximum Dose (Gy) Values Used in Stereotactic Radiosurgery for Left Temporal Lobe Arteriovenous Malformation

Локализация	Предписанная доза, Гр	Предписанная изодоза, %	Доза <i>тах</i> , Гр
Левая височная доля	55	55	36,4



Рис. 5. Изображения со станции планирования *Leksell GammaPlan* 10.1. Желтой линией показано изодозное распределение предписанной дозы 20 Гр. Красной стрелкой показан сенсорный центр речи (локальная зона белого цвета). Дигитальная субтракционная церебральная ангиография: *A* – изображение в корональной плоскости; *B* – изображение в сагиттальной плоскости; *C* – изображение функциональной магнитно-резонансной томографии в аксиальной плоскости; *D* – *Cor T*1 с контрастным усилением; *E* – *Sag T*1 с контрастным усилением

Fig. 5. Images of Leksell GammaPlan planning station 10.1. The yellow line shows the isodose distribution of the prescribed dose of 20 Gy. The red arrow shows the sensory center of speech (local area in white). Digital subtraction cerebral angiography: A — image in the coronal plane; B — image in the sagittal plane; C — image of functional magnetic resonance imaging in the axial plane; D — Cor T 1 with contrast enhancement; E — Sag T 1 with contrast enhancement



Рис. 6. График зависимости дозы с учетом объема артериовенозной мальформации (ABM). Доза 20 Гр захватывает 96% объема ABM с учетом близко расположенной функционально значимой зоны Fig. 6. The graph of dose dependence taking into account the volume of arteriovenous malformation (AVM). A dose of 20 Gy captures 96% of the AVM volume, taking into account a closely located functionally significant area

височной доле определяется участок гипоинтенсивного сигнала на T1 ВИ (взвешенное изображение), значительно меньших размеров, чем ранее описанная ABM. По периферии этого участка на фоне отека определялось диффузное накопление контрастного препарата, что соответствовало проявлениям лучевого некроза (рис. 7, 8). По латеральному контуру сохранялась конвекситальная вена, ее диаметр уменьшился до 2,0 мм (ранее он составлял 5,0 мм). По данным MP-ангиографии артериальный компонент в проекции облученной ABM не визуализировался, что подтверждалось результатами ЦАГ (рис. 9).



Рис. 7. Контрольная магнитно-резонансная томография головного мозга пациента по прошествии двух лет после стереотаксического радиохирургического лечения. *А* — Ax *T*1 с контрастным усилением, *B* — *Sag T*1 с контрастным усилением. По периферии облученной артериовенозной мальформации (границы обозначены красным цветом) в левой височной доле определяется зона диффузного накопления контрастного препарата, характерная для проявлений лучевого некроза. По латеральному контуру образования визуализируется конвекситальная вена, уменьшенная в диаметре до 2,0 мм (обозначена желтой стрелкой)

Fig. 7. Control magnetic resonance imaging of the patient's brain two years after stereotactic radiosurgical treatment. A — Ax T 1 with contrast enhancement, B — Sag T 1 with contrast enhancement. Along the periphery of irradiated arteriovenous malformation (borders are marked in red) in the left temporal lobe, an area of diffuse accumulation of a contrast agent is determined, which is characteristic of manifestations of radiation necrosis. On the lateral contour of the formation, a convexital vein is visualized, reduced in diameter to 2.0 mm (indicated by a yellow arrow)





Рис. 8. Контрольное изображение магнитно-резонансной томографии головного мозга пациента по прошествии 2 лет после стереотаксического радиохирургического лечения. A - Ax 3D-TOF, B - 3D реконструкция в сагиттальной проекции, C - 3D реконструкция в аксиальной проекции. Артериального кровотока в проекции облученной ABM не выявлено (границы обозначены красным цветом) Fig. 8. Control image of magnetic resonance imaging of the patient's brain 2 years after stereotactic radiosurgical treatment. A - Ax 3D-TOF, B - 3D reconstruction in the sagittal projection, C - 3D reconstruction in the axial projection. No arterial blood flow was detected in the projection of the irradiated AVM (borders are marked in red)

список источников

- Bokhari MR, Bokhari SRA. Arteriovenous Malformation of The Brain. Stat Pearls Treasure Island (FL); 2019. PMID: 28613495 Bookshelf ID: NBK430744
- Abecassis IJ, Xu DS, Batjer HH, Bendok BR. Natural history of brain arteriovenous malformations: a systematic review. *Neurosurgical Focus*. 2014;37(3):E7. PMID: 25175445 https://doi.org/10.3171/ 2014.6.FOCUS14250
- Stapf C, Mohr JP, Pile-Spellman J, Solomon RA, Sacco RL, Connolly ES Jr. Epidemiology and natural history of arteriovenous malformations. *Neurosurgical Focus*. 2001;11(5):e1. PMID: 16466233 https://doi. org/10.3171/foc.2001.11.5.2
- Inoue HK, Ohye C. Hemorrhage risks and obliteration rates of arteriovenous malformations after gamma knife radiosurgery. J Neurosurg. 2002;97(5 Suppl):474–476. PMID: 12507079 https://doi. org/10.3171/jns.2002.97.supplement
- Szeifert GT, Levivier M, Lorenzoni J, Nyáry I, Major O, Kemeny AA. Morphological observations in brain arteriovenous malformations after gamma knife radiosurgery. *Prog Neurol Surg.* 2013;27:119–129. PMID: 23258516 https://doi.org/10.1159/000341772
- 6. Маряшев С.А. Стереотаксическое облучение артериовенозных мальформаций головного мозга: дис. д-ра мед. наук. Науч.исслед. ин-т нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. Москва; 2016. URL: https://docplayer.ru/41342176-Maryashev-sergey-alekseevichstereotaksicheskoe-obluchenie-arteriovenoznyh-malformaciygolovnogo-mozga.html [Дата обращения 19 ноября 2021 г.]
- Yen CP, Ding D, Cheng CH, Starke RM, Shaffrey M, Sheehan J. Gamma Knife surgery for incidental cerebral arteriovenous malformations. J Neurosurg. 2014;121(5):1015-1021. PMID: 25148009 https://doi.org/ 10.3171/2014.7.JNS131397
- Kano H, Kondziolka D, Flickinger JC, Park KJ, Parry PV, Yang HC, et al. Stereotactic radiosurgery for arteriovenous malformations, Part 6: multistaged volumetric management of large arteriovenous



Рис. 9 Дигитальная субтракционная церебральная ангиография. *А* — изображение в корональной плоскости, *B* — изображение в сагиттальной плоскости. Ранее описанная артериовенозная мальформация (границы обозначены красным цветом) с афферентами из левой средней мозговой артерии не визуализируется. 2 года после стереотаксического радиохирургического лечения Fig. 9. Digital subtraction cerebral angiography. А — image in the coronal plane, B — image in the sagittal plane. The previously described arteriovenous malformation (borders in red) with afferents from the left middle cerebral artery of the cerebral artery is not visualized. Two years after stereotactic radiosurgical treatment

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренное наблюдение доказывает эффективность МРТ в диагностике и оценке результатов проведенного стереотаксического радиохирургического лечения артериовенозных мальформаций головного мозга при помощи аппарата *ELEKTA Leksell GammaKnife Perfexion* в остром периоде кровоизлияния. Данная неинвазивная методика обладает высокой информативностью, отсутствием лучевой нагрузки и острых аллергических реакций после введения контрастного препарата, что снижает риск возможных осложнений и количество проводимых пациенту исследований для последующего лечения.

malformations. J Neurosurg. 2012;116(1):54–65. PMID: 22077447 https://doi.org/10.3171/2011.9.JNS11177

- Izawa M, Hayashi M, Chernov M, Nakaya K, Ochiai T, Murata N, et al. Long-term complications after gamma knife surgery for arteriovenous malformations. *J Neurosurg.* 2005;102(Suppl):34–37. PMID: 15662777 https://doi.org/10.3171/jns.2005.102.s_supplement.0034
- Chang JH, Chang JW, Park YG, Chang SS. Factors related to complete occlusion of arteriovenous malformations after gamma knife radiosurgery. *J Neurosurg*. 2000;93(Suppl 3):96–101. PMID: 11143271 https://doi.org/10.3171/sup.2000.93.supplement3.0096
- Pollock BE, Gorman DA, Brown PD. Radiosurgery for arteriovenous malformations of the basal ganglia, thalamus, and brainstem. J Neurosurg. 2004;100(2):210–214. PMID: 15086226 https://doi. org/10.3171/jns.2004.100.2.0210
- 12. Hadizadeh DR, von Falkenhausen M, Gieseke J, Meyer B, Urbach H, Hoogeveen R, et al. Cerebral arteriovenous malformation: Spetzler-Martin classification at subsecond-temporal-resolution fourdimensional MR angiography compared with that at DSA. *Radiology*. 2008;246(1):205–213. PMID: 17951352 https://doi.org/10.1148/radiol.2453061684
- Radiosurgery Practice Guideline Initiative. Stereotactic Radiosurgery for Patients with Intracranial Arteriovenous Malformations (AVM) Radiosurgery Practice Guideline Report #2-03. Issued March 2009. URL: https://pdf4pro.com/view/radiosurgery-practice-guideline-initiativestereotactic-32d2f5.html [Дата обращения 19 ноября 2021 г.]
- 14. Abdelaziz O, Shereen A, Inoue T, Hirai H, Shima A. Correlation of Appearance of MRI Perinidal T2 Hyperintensity Signal and Eventual Nidus Obliteration Following Photon Radiosurgery of Brain AVMs: Combined Results of LINAC and Gamma Knife Centers. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2019;80(3):187–197. PMID: 30895568 https://doi. org/10.1055/s-0039-1678710

REFERENCES

- Bokhari MR, Bokhari SRA. Arteriovenous Malformation of The Brain. StatPearls Treasure Island (FL); 2019. PMID: 28613495 Bookshelf ID: NBK430744
- Abecassis IJ, Xu DS, Batjer HH, Bendok BR. Natural history of brain arteriovenous malformations: a systematic review. *Neurosurgical Focus*. 2014;37(3):E7. PMID: 25175445 https://doi.org/10.3171/ 2014.6.FOCUS14250
- Stapf C, Mohr JP, Pile-Spellman J, Solomon RA, Sacco RL, Connolly ES Jr. Epidemiology and natural history of arteriovenous malformations. *Neurosurgical Focus*. 2001;11(5):e1. PMID: 16466233 https://doi. org/10.3171/foc.2001.11.5.2
- Inoue HK, Ohye C. Hemorrhage risks and obliteration rates of arteriovenous malformations after gamma knife radiosurgery. J Neurosurg. 2002;97(5 Suppl): 474–476. PMID: 12507079 https://doi. org/10.3171/jns.2002.97.supplement
- Szeifert GT, Levivier M, Lorenzoni J, Nyáry I, Major O, Kemeny AA. Morphological observations in brain arteriovenous malformations after gamma knife radiosurgery. *Prog Neurol Surg.* 2013;27:119–129. PMID: 23258516 https://doi.org/10.1159/000341772
- Maryashev SA. Stereotaksicheskoe obluchenie arteriovenoznykh mal'formatsiy golovnogo mozga: dr. med. sci. diss. Moscow: Nauch.issled. in-t neyrokhirurgii im. N.N. Burdenko, 2016. (in Russ.) Available at: https://docplayer.ru/41342176-Maryashev-sergey-alekseevichstereotaksicheskoe-obluchenie-arteriovenoznyh-malformaciygolovnogo-mozga.html [Accessed Nov 19, 2021]
 Yen CP, Ding D, Cheng CH, Starke RM, Shaffrey M, Sheehan J. Gamma
- Yen CP, Ding D, Cheng CH, Starke RM, Shaffrey M, Sheehan J. Gamma Knife surgery for incidental cerebral arteriovenous malformations. *J Neurosurg.* 2014;121(5):1015–1021. PMID: 25148009 https://doi. org/10.3171/2014.7.JNS131397
- 8. Kano H, Kondziolka D, Flickinger JC, Park KJ, Parry PV, Yang HC, et al. Stereotactic radiosurgery for arteriovenous malformations,

Part 6: multistaged volumetric management of large arteriovenous malformations. *J Neurosurg*. 2012;116(1):54–65. PMID: 22077447 https://doi.org/10.3171/2011.9.JNS11177

- Izawa M, Hayashi M, Chernov M, Nakaya K, Ochiai T, Murata N, et al. Long-term complications after gamma knife surgery for arteriovenous malformations. J Neurosurg. 2005;102(Suppl):34–37. PMID: 15662777 https://doi.org/10.3171/jns.2005.102.s_supplement.0034
- Chang JH, Chang JW, Park YG, Chang SS. Factors related to complete occlusion of arteriovenous malformations after gamma knife radiosurgery. *J Neurosurg.* 2000;93 (Suppl 3):96–101. PMID: 11143271 https://doi.org/10.3171/sup.2000.93.supplement3.0096
- Pollock BE, Gorman DA, Brown PD. Radiosurgery for arteriovenous malformations of the basal ganglia, thalamus, and brainstem. J Neurosurg. 2004;100(2):210–214. PMID: 15086226 https://doi. org/10.3171/jns.2004.100.2.0210
- 12. Hadizadeh DR, von Falkenhausen M, Gieseke J, Meyer B, Urbach H, HoogeveenR,etal.Cerebralarteriovenousmalformation:Spetzler-Martin classification at subsecond-temporal-resolution fourdimensional MR angiography compared with that at DSA. *Radiology*. 2008;246(1):205– 213. PMID: 17951352 https://doi.org/10.1148/radiol.2453061684
- Radiosurgery Practice Guideline Initiative. Stereotactic Radiosurgery for Patients with Intracranial Arteriovenous Malformations (AVM). Radiosurgery Practice Guideline Report #2-03. Issued March 2009. Available at: https://pdf4pro.com/view/radiosurgery-practiceguideline-initiative-stereotactic-32d2f5.html [Accessed Nov 19, 2021]
 Abdelaziz O, Shereen A, Inoue T, Hirai H, Shima A. Correlation of
- 14. Abdelaziz O, Shereen A, Inoue T, Hirai H, Shima A. Correlation of Appearance of MRI Perinidal T2 Hyperintensity Signal and Eventual Nidus Obliteration Following Photon Radiosurgery of Brain AVMs: Combined Results of LINAC and Gamma Knife Centers. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg. 2019;80(3):187–197. PMID: 30895568 https://doi. org/10.1055/s-0039-1678710

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Токарев Алексей Сергеевич	кандидат медицинских наук, врач нейрохирург центра радиохирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
	https://orcid.org/0000-0002-8415-5602, alex_am_00@mail.ru;
	25%: концепция исследования, утверждение рукописи для публикации
Чувилин Станислав Александрович	врач рентгенолог, центр радиохирургии, ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
	https://orcid.org/0000-0003-4969-0287, chuvilin.st@gmail.com;
	20%: сбор материала, анализ полученных данных, написание текста
Незнанова Мария Викторовна	врач рентгенолог, центр радиохирургии, ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
	https://orcid.org/0000-0002-0635-6783, mashaneznanova@inbox.ru;
	19%: написание текста, подготовка к печати
Койнаш Григорий Владимирович	медицинский физик, центр радиохирургии, ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
	https://orcid.org/0000-0001-9507-0797, KoynashGV@sklif.mos.ru;
	18%: сбор материала, анализ полученных данных
Матвеев Павел Дмитриевич	врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению, отделение рентгенохирургических методов диагностики и лечения, ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
	https://orcid.org/0000-0002-1114-6238, MatveevPD@sklif.mos.ru;
	18%: сбор материала, анализ полученных данных

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Radiosurgical Treatment of a Patient With a Ruptured Arteriovenous Malformation Located in a Functionally Significant Area A.S. Tokarev, S.A. Chuvilin, M.V. Neznanova^{\VI}, G.V. Koinash, P.D. Matveyev

Radiosurgery Center

N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department 3 B. Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russian Federation

🖂 Contacts: Maria V. Neznanova, Radiologist, Radiosurgery Center of N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. Email: mashaneznanova@inbox.ru

ABSTRACT Arteriovenous malformations (AVMs) of the brain are quite rare vascular pathologies, but they are life-threatening, due to the risk of intracerebral hemorrhage. Stereotactic radiosurgical treatment of patients with cerebral AVM is performed in cases where surgical removal is impossible or embolization with a stable occlusive effect cannot be performed. Currently, for the diagnosis of AVM, magnetic resonance imaging (MRI) is increasingly used because of its non-invasiveness and minimal risks. When a malformation is located in a functionally significant area, then a non-invasive technique is used to assess its interposition and mapping - functional magnetic resonance imaging.

We have presented the experience of radiosurgical treatment of a 43-year-old male patient with a ruptured AVM located in the left temporal lobe, near Wernicke's area. The patient underwent stereotactic radiosurgical treatment with Elekta Leksell Gamma Knife Perfection device, taking into account the location of the AVM in a functionally significant area, preoperative mapping was performed. After two years, according to MR angiography, the arterial component in the projection of the irradiated AVM was not visualized, which was confirmed by the data of cerebral angiography. Thus, a clinical example has demonstrated the high efficiency of MRI in the diagnosis and assessment of the results of the performed stereotactic radiosurgical treatment of AVMs.

Keywords: arteriovenous malformation; stereotactic radiosurgery; "Gamma Knife"; magnetic resonance imaging; MR angiography; functional magnetic resonance imaging, AVM rupture

For citation Tokarev AS, Chuvilin SA, Neznanova MV, Koinash GV, Matveyev PD. Radiosurgical Treatment of a Patient With a Ruptured Arteriovenous Malformation Located in a Functionally Significant Area. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2021;10(4):800–807. https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-800-807 (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests Acknowledgments, sponsorship The study has no sponsorship

Acknowledgments, sponsorship The study has no sponsorshi

Affiliations

Aleksey S. Tokarev	Candidate of Medical Sciences, Neurosurgeon of the Radiosurgery Center, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-8415-5602, alex_am_00@mail.ru; 25%, research concept, approval of the manuscript for publication
Stanislav A. Chuvilin	Radiologist, Radiosurgery Center, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0003-4969-0287, chuvilin.st@gmail.com; 20%, collecting material, analyzing the data obtained, writing text
Maria V. Neznanova	Radiologist, Radiosurgery Center, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-0635-6783, mashaneznanova@inbox.ru; 19%, writing text, preparing for print
Grigory V. Koinash	medical physicist, radiosurgery center, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0001-9507-0797, KoynashGV@sklif.mos.ru; 18%, collection of material, analysis of the data obtained
Pavel D. Matveyev	Doctor for X-ray Endovascular Diagnosis and Treatment, Department of X-ray Surgical Methods of Diagnosis and Treatment, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-1114-6238, MatveevPD@sklif.mos.ru; 18%, collection of material, analysis of the data obtained

Received on 24.02.2020 Review completed on 23.09.2021 Accepted on 28.09.2021 Поступила в редакцию 24.02.2020 Рецензирование завершено 23.09.2021 Принята к печати 28.09.2021