

Оценка перфузии головного мозга у пациентов с гемодинамическим ишемическим инсультом и реконструктивными вмешательствами на брахиоцефальных артериях

В.А. Лукьянчиков^{1, 2}, к. м. н., заведующий нейрохирургическим отделением для лечения больных с сосудистыми заболеваниями головного мозга;

Ю.И. Шатохина¹, врач-рентгенолог;

Е.В. Удодов^{2, 3}, врач-нейрохирург;

А.С. Токарев¹, к. м. н., заведующий отделением «Центр радиохирургии», врач-нейрохирург;

Н.А. Полунина^{1, 2}, к. м. н., ст. науч. сотр., врач-нейрохирург;

Н.Е. Кудряшова¹, д. м. н., руководитель отделения радиоизотопной диагностики и клинической физиологии;

В.В. Крылов^{1, 2}, д. м. н., профессор, академик РАН

¹ ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы»,
Большая Сухаревская пл., 3, Москва, 129010, Российская Федерация;

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения РФ,
ул. Долгоруковская, 4, Москва, 127006, Российская Федерация;

³ ГБУЗ РК «Республиканская клиническая больница им. Н.А. Семашко»,
ул. Киевская, 69, Симферополь, 295034, Российская Федерация

Assessment of cerebral perfusion in patients with hemodynamic ischemic stroke undergoing reconstructive brachiocephalic artery interventions

V.A. Luk'yanchikov^{1, 2}, MD, PhD, Head of Neurosurgical Department for the Treatment of Patients with Cerebrovascular Diseases;

Yu.I. Shatokhina¹, Radiologist;

E.V. Udodov^{2, 3}, Neurosurgeon;

A.S. Tokarev¹, MD, PhD, Head of Department of "Center of Radiosurgery", Neurosurgeon;

N.A. Polunina^{1, 2}, MD, PhD, Senior Researcher, Neurosurgeon;

N.E. Kudryashova¹, MD, PhD, DSc, Head of Department of Radioisotope Diagnostic and Clinical Physiology;

V.V. Krylov^{1, 2}, MD, PhD, DSc, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences

¹ N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow Health Department,
Bol'shaya Sukharevskaya Ploshchad', 3, Moscow, 129010, Russian Federation;

² A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry,
Ministry of Health of the RF,
ul. Dolgorukovskaya, 4, Moscow, 127006, Russian Federation;

³ N.A. Semashko Republican Clinical Hospital,

ul. Kievskaya, 69, Simferopol, 295034, Russian Federation

Статья посвящена оценке перфузии головного мозга у пациентов в остром периоде острого нарушения мозгового кровообращения до и после ревазуляризирующей операции. Проведен анализ современной литературы по данной проблеме, особое внимание уделено возможностям применения контрастной (DSC) и бесконтрастной (ASL) магнитно-резонансной (MP) перфузии у данной категории больных. Приведен клинический пример использования бесконтрастной МР-перфузии у пациента с гемодинамическим ишемическим инсультом. Использование данной методики позволило

The paper deals with the assessment of cerebral perfusion in patients in the acute period of acute cerebrovascular accident before and after revascularization surgery. It gives a clinical example of using contrast-free perfusion magnetic resonance imaging (MRI) in a patient with hemodynamic ischemic stroke. The use of this technique made it possible to determine indications for early carotid endarterectomy for the contralateral internal carotid artery and to evaluate positive postoperative changes in cerebral perfusion and the patient's neurological status. The authors analyzed the current literature on this problem with a par-

определить показания к ранней каротидной эндартерэктомии на контралатеральной внутренней сонной артерии, оценить положительную динамику перфузии головного мозга и неврологического статуса пациента после операции.

Каротидная эндартерэктомия в остром периоде острого нарушения мозгового кровообращения приводит к улучшению церебральной гемодинамики и неврологического статуса пациента, позволяет предотвратить развитие повторных нарушений мозгового кровообращения. Показания к выполнению таких операций должны определяться с учетом результатов перфузионных методик (однофотонная эмиссионная компьютерная томография, контрастная и бесконтрастная МР-перфузия).

Ключевые слова: ишемический инсульт; магнитно-резонансная перфузия; каротидная эндартерэктомия; экстраинтракраниальный анастомоз.

Для цитирования: Лукьянчиков В.А., Шатохина Ю.И., Удодов Е.В., Токарев А.С., Полунина Н.А., Кудряшова Н.Е., Крылов В.В. Оценка перфузии головного мозга у пациентов с гемодинамическим ишемическим инсультом и реконструктивными вмешательствами на брахиоцефальных артериях. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2016; 97 (6): 365–72. DOI: 10.20862/0042-4676-2016-97-6-365-372

Для корреспонденции: Шатохина Юлия Ивановна; E-mail: ydenisenko@mail.ru

Введение

Доказанным методом, улучшающим прогноз исходов лечения пациентов в остром периоде нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу (ОНМК), является внутривенный тромболитиз в первые 3,5 ч от начала заболевания. Разработаны и внедрены в практику соответствующие протоколы обследования пациентов с острым ишемическим инсультом (ОИИ), основой которых является незамедлительное выполнение компьютерной томографии головного мозга при поступлении в стационар [1]. Также доказана необходимость проведения ранней хирургической профилактики повторных нарушений мозгового кровообращения у пациентов с ОИИ при выявлении гемодинамически значимых стенозов сонных артерий по данным триплексного сканирования или одного из видов церебральной ангиографии [2, 3]. Другие виды лечения, такие как эндоваскулярная тромбэкстракция, открытая тромбинтимиэктомия, каротидная эндартерэктомия или операция

экстраинтракраниального микроанастомоза (ЭИКМА), выполняемые с целью улучшения неврологического статуса больного в остром периоде ОНМК, не имеют широкого распространения в отечественной практике и зачастую отражают личный опыт хирурга [4–7]. Частичный или полный регресс неврологического дефицита нередко наблюдается у пациентов с небольшим объемом повреждения мозговой ткани, поэтому улучшение неврологического статуса после выполнения артериальных реконструкций требует объективных доказательств изменения гемодинамики и церебральной перфузии.

Целью нашей работы послужила оценка перфузии головного мозга у пациента до и после каротидной реконструкции в остром периоде гемодинамического инсульта. Основными методами исследования являлись бесконтрастная МР-перфузия головного мозга и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ).

Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) и ОФЭКТ

в настоящее время служат стандартными методиками для оценки церебральной гемодинамики. Для оценки показателей перфузии головного мозга при помощи МРТ в клинической практике используют две основные методики. Одна из них основана на регистрации первого прохождения контрастного препарата через микроциркуляторное русло – DSC МР-перфузия (Dynamic Susceptibility Contrast-Enhanced MR Perfusion, в наших исследованиях чаще всего используется гадолиний, содержащий контрастный препарат гадовист), в основе второй лежит спиновая маркировка артериальной крови – ASL МР-перфузия (Arterial Spin Labeling MR Perfusion). Более известная и распространенная методика – контрастная (DSC) МР-перфузия, позволяющая оценить объемную скорость кровотока – CBF, объем кровотока – CBV, среднее время транзита – MTT, время до пика концентрации контрастного вещества – TTP. Бесконтрастная (ASL) МР-перфузия позволяет определить один параметр – объемную ско-

лькулярную акцентированную на возможности использования динамической контрастно-усиленной и артериальной спин-маркированной контрастно-усиленной перфузии МРТ в этой категории пациентов.

Carotid endarterectomy in the acute period of acute cerebrovascular accident can improve cerebral hemodynamics and the patient's neurological status and prevent recurrent cerebral circulatory disorders. Indications for this surgery should be determined by taking into consideration the results of perfusion MRI techniques (single-photon computed tomography contrast-enhanced and contrast-free perfusion MRI).

Index terms: ischemic stroke; perfusion magnetic resonance imaging; carotid endarterectomy; extra- and intracranial anastomoses.

For citation: Luk'yanchikov V.A., Shatokhina Yu.I., Udodov E.V., Tokarev A.S., Polunina N.A., Kudryashova N.E., Krylov V.V. Assessment of cerebral perfusion in patients with hemodynamic ischemic stroke undergoing reconstructive brachiocephalic artery interventions. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2016; 97 (6): 365–72 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2016-97-6-365-372

For correspondence: Yuliya I. Shatokhina; E-mail: ydenisenko@mail.ru

Information about authors:

Luk'yanchikov V.A., <http://orcid.org/0000-0003-4518-9874>
Shatokhina Yu.I., <http://orcid.org/0000-0002-3456-1653>
Udodov E.V., <http://orcid.org/0000-0001-9411-3361>
Polunina N.A., <http://orcid.org/0000-0001-5680-4663>

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

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

Received 14 October 2016

Accepted 16 November 2016

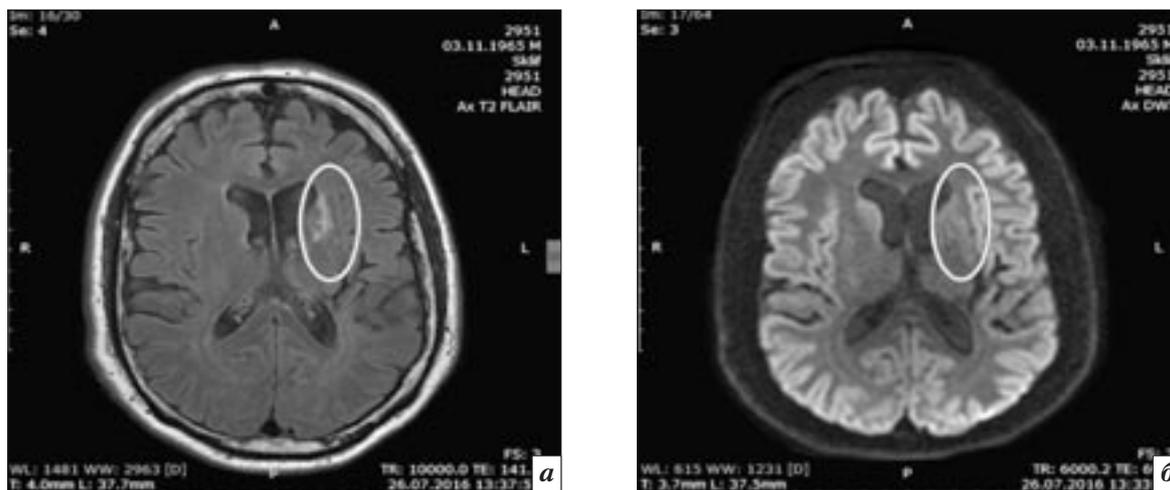


Рис. 1. Данные предоперационного обследования больного Б., 50 лет: МРТ головного мозга в режиме FLAIR (а) и DWI (б). Визуализируются рубцово-атрофические изменения в левом полушарии, в проекции хвостатого ядра (обозначено белым овалом)

рость кровотока (CBF), тем не менее данная методика обладает рядом преимуществ. ASL-перфузия является неинвазивной, безопасной и относительно простой методикой для оценки церебральной гемодинамики, что дает возможность использовать ее у детей, пациентов со скоростью клубочковой фильтрации менее 30 мл/мин, пациентов с повышенным риском развития побочных реакций на введение контрастного агента, беременных и кормящих женщин. В мировой литературе накоплен большой опыт применения ASL-перфузии для решения многих клинических задач, в том числе при острых и хронических цереброваскулярных заболеваниях, новообразованиях центральной нервной системы, эпилепсии, нейродегенеративных расстройствах и пр. [8]. Однако эта методика мало известна в РФ, в связи с чем мы посчитали интересным сравнить данные ASL МР-перфузии и ОФЭКТ в следующем клиническом наблюдении.

Клиническое наблюдение

Пациент Б., 50 лет, заболел остро – появились слабость в правых конечностях, нарушения речи. Ранее уже перенесил инсульта в бассейне левой СМА, за год до настоящей гос-

питализации выполнена каротидная эндартэктомия из левой ВСА.

В неврологическом статусе при поступлении: сознание ясное, оценка по шкале комы Глазго 15 баллов. Отмечается правосторонний гемипарез, сила мышц в руке 3 балла, в ноге – 3 балла, имеются элементы моторной афазии. Тяжесть состояния по шкалам инсульта: NIHSS – 6 баллов, Рэнкина – 3 балла, индекс мобильности Ривермид – 10 баллов. Артериальное давление 140/90 мм рт. ст. По данным КТ головного мозга геморрагических очагов не выявлено. На МРТ головного мозга диагностирована кистозно-глиозная трансформация в результате перенесенных ОНМК в левых лобной и височной долях (рис. 1).

При проведении МР-перфузии (ASL) отмечена межполушарная асимметрия объемно-скоростных показателей со снижением перфузии в левых теменной и височной долях (рис. 2), что соответствовало данным, полученным при ОФЭКТ, – гипоперфузия левой височно-теменной области (рис. 3).

При ультразвуковом исследовании брахиоцефальных артерий в устье правой ВСА обнаружен пролонгированный стеноз артерии с гетерогенной атеросклеро-

тической бляшкой до 80% (ESCT), протяженностью 2,5 см, объемный кровоток по ВСА составил 200 мл/мин. Левая ВСА проходима на всем протяжении (состояние после каротидной эндартэктомии, 2015 г.), объемный кровоток по левой ВСА – 300 мл/мин.

Учитывая снижение перфузии головного мозга в левой височной и лобной долях, интактность левой ВСА и наличие контралатерального «асимптомного» стеноза правой ВСА, с целью предотвращения повторных ОНМК, улучшения перфузии левого полушария и функциональных исходов пациенту 03.08.2016 г. выполнена эверсионная каротидная эндартэктомия из правой ВСА. Согласно интраоперационному нейромониторингу, линейная скорость кровотока (ЛСК) по правой СМА до пережатия ВСА составила 50 см/с, после пережатия – 35 см/с, в момент пуска кровотока по ВСА – 60 см/с, церебральная оксиметрия – 88% до пережатия ВСА и 79% – после. Операция выполнена без временного шунтирования. Продолжительность пережатия артерий составила 20 мин. По данным флоуметрии отмечен прирост на 36% объемного кровотока в результате каротидной реконструкции – со 110 до 150 мл/мин.

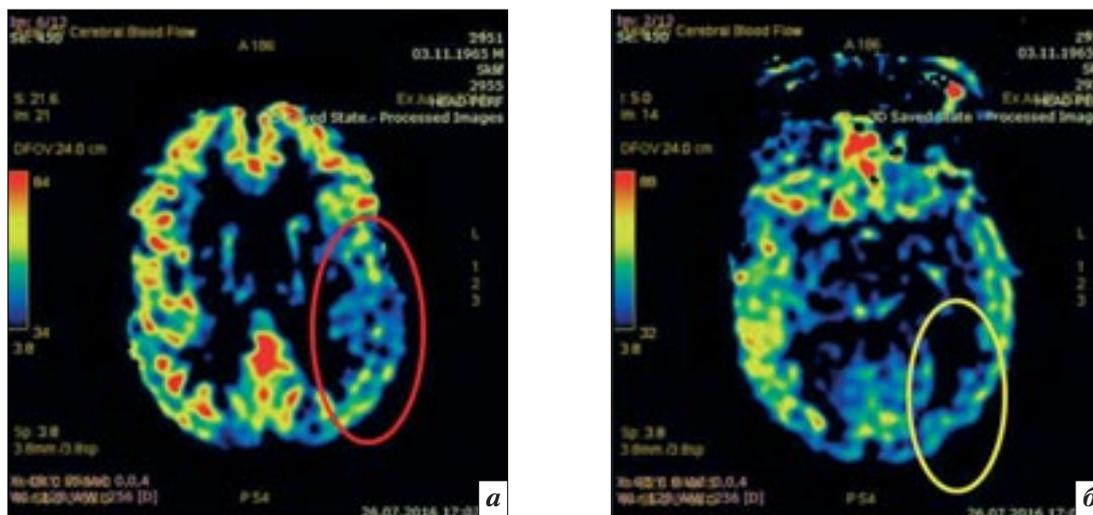


Рис. 2. Данные предоперационного обследования больного Б., 50 лет: бесконтрастная МР-перфузия. Отмечается снижение перфузии в левой теменной (*а*: обозначено красным овалом) и височной (*б*: обозначено желтым овалом) долях

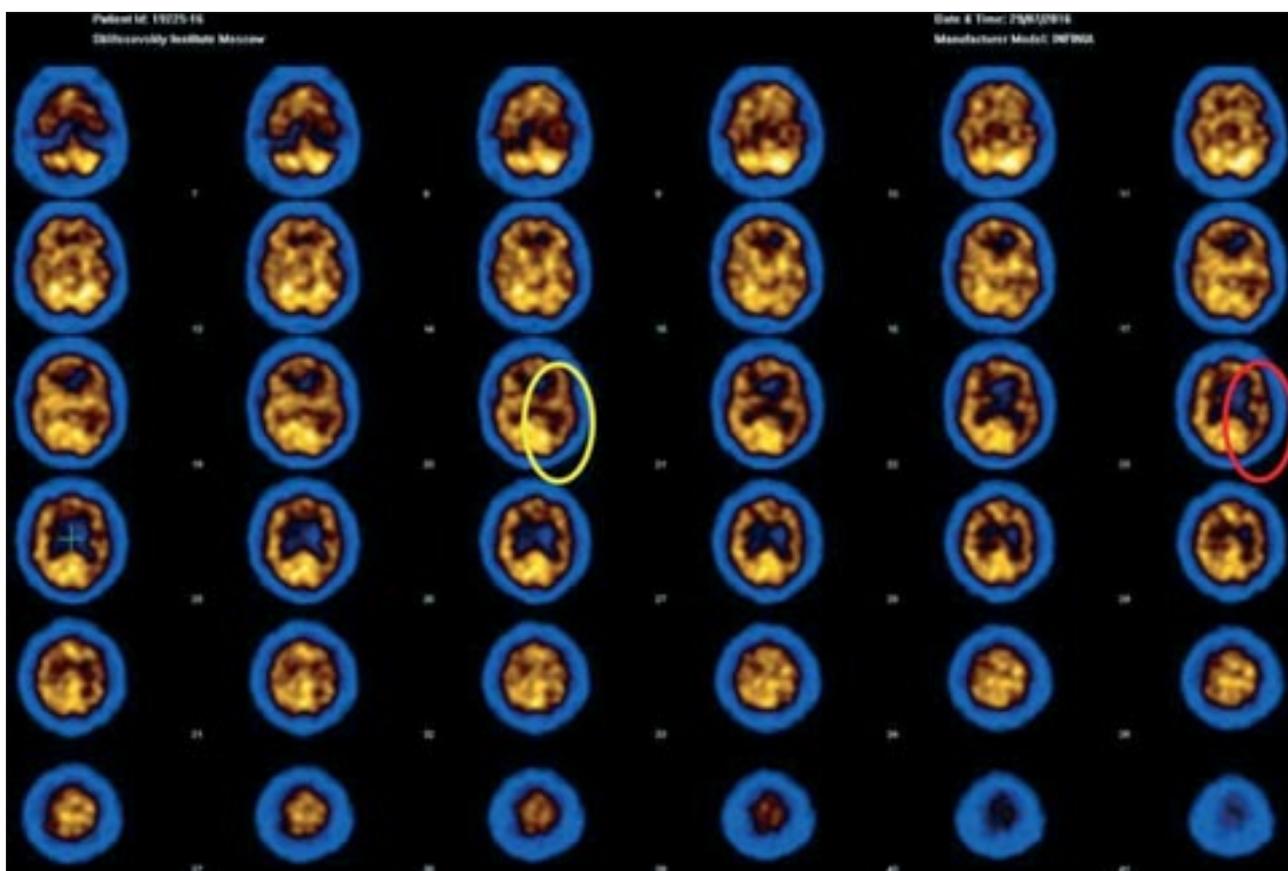


Рис. 3. Данные предоперационного обследования больного Б., 50 лет: ОФЭКТ головного мозга. Отмечается гиперперфузия в левых височной (обозначено желтым овалом) и теменной (обведено красным овалом) долях

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей. Пациент проснулся без углубления неврологического дефицита, с последующим постепенным восстановлением функций и мышечной силы до 4 баллов в пра-

вой руке и ноге. На момент выписки пациент активизирован, ходит. По шкале NIHSS – 2 балла, Рэнкина – 2 балла, индекс Ривермид – 13 баллов. По данным контрольной МР-перфузии от 08.08.2016 г. (5-е сут-

ки после операции) отмечается улучшение перфузии в левых лобной, височной и теменной долях (рис. 4). По результатам ОФЭКТ также регистрируется положительная динамика в обоих полушариях головного мозга,

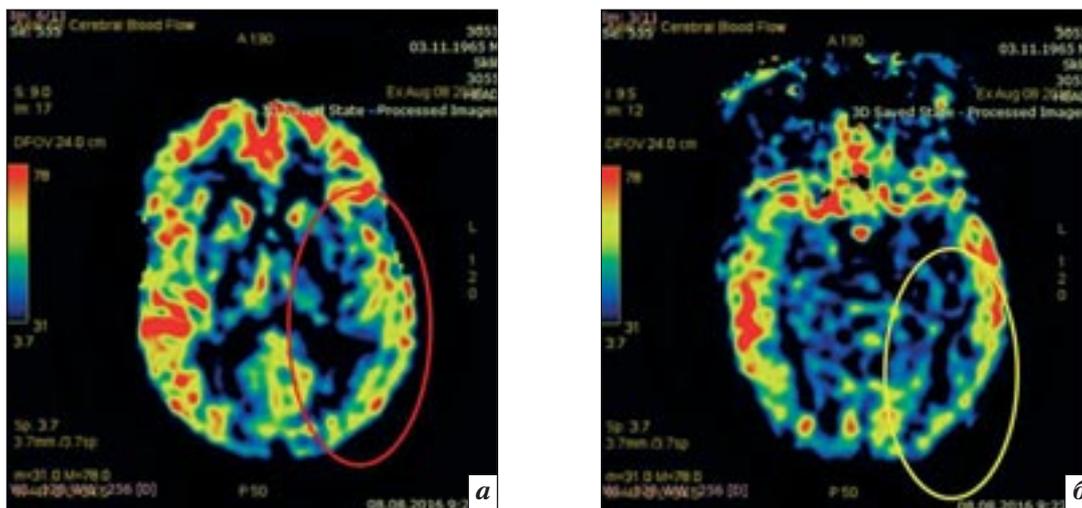


Рис. 4. Данные послеоперационной бесконтрастной МР-перфузии (5-е сутки после операции): улучшение перфузии обоих полушарий головного мозга – в левой теменной (а: обозначено красным овалом) и височной (б: обозначено желтым овалом) долях

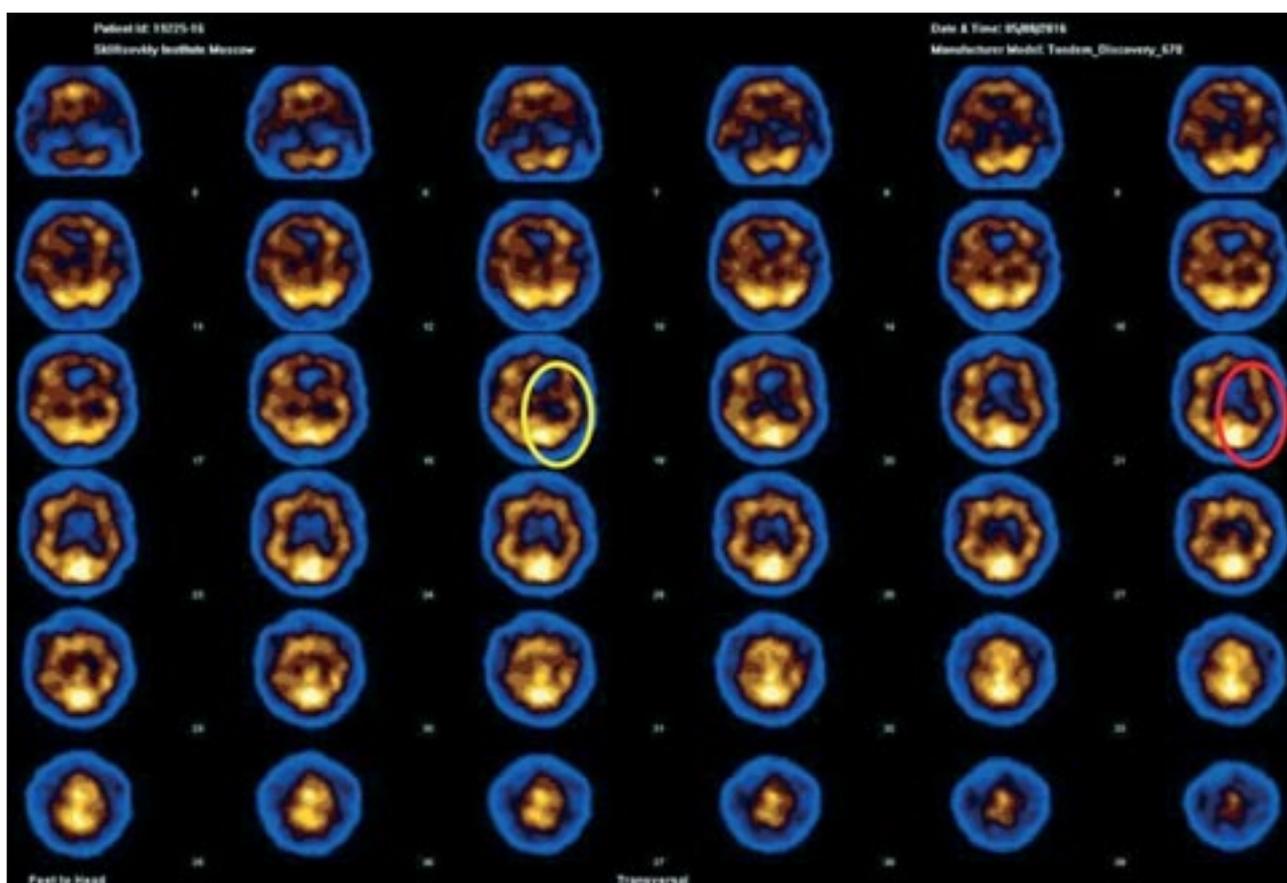


Рис. 5. Данные послеоперационной ОФЭКТ: отмечается улучшение перфузии головного мозга, с приростом на 3–7% в левом полушарии, преимущественно в височной (обозначено желтым овалом) и теменной (обозначено красным овалом) долях

с приростом перфузии на 4–10% в правом и 3–7% – в левом полушариях, преимущественно в височных и теменных областях (рис. 5).

Обсуждение

Известно, что наиболее эффективными методиками МРТ в диагностике ишемического инсульта являются диффузионно-

взвешенная (ДВ) и магнитно-резонансная (DSC и ASL) перфузия, они позволяют визуализировать очаг ишемии уже в первые минуты после начала заболевания,

а также разграничить зону необратимых ишемических изменений и зону «ишемической полутени». Определение диффузионно-перфузионной разницы позволяет оценить необходимость проведения экстренного реваскуляризирующего вмешательства. Метод МР-перфузии может быть альтернативой ПЭТ и ОФЭКТ, так как эти методики не внедрены в широкую практику из-за высокой стоимости (ПЭТ) и необходимости использования ионизирующей радиации при выполнении [9]. В частности, Y. Uchiashi et al. на примере усовершенствованной технологии ASL МР-перфузии, так называемой ASL QUASAR, доказали клиническую обоснованность и альтернативность этого метода по отношению к ОФЭКТ. У 20 пациентов со стенозом ВСА в ходе исследования оценивались регионарный мозговой кровоток (CBF) и цереброваскулярная реактивность (CVR) методом ОФЭКТ и ASL-перфузии с введением ацетозаломида. Было отмечено, что ASL-перфузия способна выявлять такие патологические состояния, как гипоперфузия, нарушение вазореактивности и послеоперационной гиперперфузии, и сравнима по эффективности с ОФЭКТ [10].

Эффективность хирургической профилактики повторных ишемических инсультов показана в международных рандомизированных исследованиях. Важным является раннее (первые 14 дней) выполнение таких операций у пациентов, перенесших малый инсульт или транзиторную ишемическую атаку [11–13]. Однако необходимость и возможность проведения подобных вмешательств у пациентов с острым завершённым инсультом с целью улучшения функциональных исходов оспаривается в литературе по настоящее время [14, 15]. Камнем преткновения служит вероятность геморрагической трансформации инсульта или его прогрессирования [16]. По данным литературы, эти ос-

ложнения встречаются у 0–2% больных [17, 18].

Максимальный положительный эффект от проведения реперфузионной терапии и/или хирургической реваскуляризации обратно пропорционален срокам начала лечения, – с течением времени ценность восстановления кровотока по скомпрометированным артериям уменьшается. Ранняя и точная верификация диагноза и объема поражения мозговой ткани определяет дальнейшую тактику лечения. Снижение церебральной перфузии является важным предиктором ишемии головного мозга и критерием отбора пациентов для проведения операции. Такие характеристики, как быстрота проведения, высокая разрешающая способность, отсутствие ионизирующего излучения, позволяют считать метод МР-перфузии (и контрастной, и бесконтрастной) наиболее удобным для оценки перфузии головного мозга у пациентов в остром периоде НМК. Так, J.A. Chalela et al. использовали ASL-перфузию при исследовании 15 пациентов с ОИИ в течение 24 ч с момента появления симптомов. Карты CBF были получены у всех больных. Дефицит перфузии, соответствующий клинической картине, был выявлен у 11 пациентов, у 3 изменения объемно-скоростных показателей церебрального кровотока не обнаружены, у 1 пациента отмечено незначительное снижение показателей перфузии относительно здорового полушария. Диффузионно-перфузионная разница была зафиксирована у 8 пациентов. Таким образом, ASL МР-перфузия обеспечила быструю неинвазивную визуализацию, а также отобразила диффузионно-перфузионную разницу, наличие которой может служить показанием к выполнению раннего реваскуляризирующего вмешательства [19].

R.P. Bokkers et al. провели исследование, в котором участвовали 156 пациентов (83 женщины,

73 мужчины; средний возраст 62 ± 17 лет) с подозрением на ОНМК. МРТ была проведена в диапазоне 3,0–17,7 ч от появления симптомов. Диагноз инсульта был подтвержден у 78 больных. Данные бесконтрастной (ASL) и контрастной (DSC) МР-перфузии были получены у 64 из этих пациентов. Дефицит перфузии по данным DSC обнаружен у 39, по данным ASL – у 32 пациентов. Исследование показало высокий процент совпадения дефицита перфузии по данным двух методик, что позволяет использовать ASL-перфузию для скрининга пациентов с острым ишемическим инсультом [20].

Существуют работы, свидетельствующие об успешном применении контрастной и бесконтрастной МР-перфузии в до- и послеоперационном периоде у пациентов с поражением брахиоцефальных артерий. Так, A. Tavares et al. оценивали результаты лечения 21 пациента с гемодинамически значимыми стенозами ВСА методом МР-перфузии (DSC) за 12 ч до и через 72 ч после стентирования ВСА. В результате получено достоверное снижение МТТ и ТТР (Time To Peak) и увеличение СВВ в пораженном полушарии, что подтверждало эффективность восстановления кровотока по ипсилатеральной артерии и соответствовало восстановлению нормальной перфузии заинтересованного региона [21]. G. Hwang et al. выполняли реваскуляризацию головного мозга пациентам с острым инсультом с помощью ЭИКМА при неэффективном тромболитическом или противопоказаниях к нему. В исследование вошли 9 пациентов с симптомами острого инсульта, не позднее 72 ч от начала заболевания. Обязательным условием включения пациента в исследование было наличие очага ишемии не более 30 см^3 по данным диффузионно-взвешенной МРТ (DWI), а также наличие диффузионно-перфузионной разницы не менее 120%

(разница между объемами ишемии по данным DWI и изменениями TTP по данным МР-перфузии). Дополнительно был проведен анализ подобных наблюдений ($n = 21$) по данным литературы. У всех оперированных пациентов отмечено значительное улучшение состояния по шкале инсульта Национального института здоровья (NIHSS): до операции $12,4 \pm 4,88$ балла, на момент выписки $5,4 \pm 5,15$ балла, через 3 мес после операции $3,7 \pm 4,82$ балла. Во всех случаях уменьшилась зона гипоперфузии, а зона инфаркта не увеличилась (до операции $15,0 \pm 8,87$ мл, после операции $15,22 \pm 8,28$ мл). Хороший результат, согласно модифицированной шкале Ранкина ($mRs \leq 2$), получен у 6 пациентов и в 83,3% наблюдений – по данным литературы. Авторы указывают, что проведение ЭИКМА у пациентов с острым инсультом является эффективным и безопасным после соответствующего отбора при помощи метода МР-перфузии [22].

A. Doerfler et al. исследовали результаты хирургического лечения 26 пациентов со стенозом ВСА от 60 до 99% (NASCET), диагностированным при церебральной ангиографии. Авторы определили, что МР-перфузия (DSC и ASL) – достаточно чувствительный метод диагностики для выявления пациентов с высоким риском развития гемодинамического инсульта. Отмечено также, что стеноз ВСА более 80% сопровождается наибольшим риском развития ОНМК. В данном исследовании у всех прооперированных пациентов зарегистрированы значительный прирост показателей перфузии в пораженном полушарии, снижение межполушарной разницы [23].

P.J. van Laar et al. провели исследование, в котором сравнили изменения церебральной гемодинамики методом меченых артериальных спинов (ASL МР-перфузия) у пациентов, 12 из ко-

торых была выполнена каротидная эндартерэктомия, а другим 12 – стентирование внутренних сонных артерий. ASL-перфузия была проведена до вмешательства и через 1 мес после него. Контрольная группа состояла из 40 пациентов (25 мужчин и 15 женщин в возрасте 67 ± 8 лет). Полученные данные продемонстрировали закономерное улучшение и нормализацию распределения показателей CBF по данным ASL-перфузии [24].

В нашем наблюдении у пациента имели место повторные, вероятно гемодинамические, ишемические инсульты в бассейне левой СМА на фоне уже проведенной каротидной эндартерэктомии на ипсилатеральной стороне. Повторные нарушения мозгового кровообращения и появление нового неврологического дефицита у пациента соответствовали снижению перфузии в левой лобной и височной долях головного мозга, выявленному при МР-перфузии (ASL) и ОФЭКТ. Каротидная эндартерэктомия на контралатеральной «асимптомной» стороне позволила увеличить объемный кровоток по ВСА на 36%, что обусловило изменения гемодинамики и увеличение перфузии пораженного полушария.

Заключение

Приведенный клинический пример продемонстрировал хорошую корреляцию данных ASL-перфузии и ОФЭКТ. Это позволяет рассматривать метод бесконтрастной МР-перфузии как перспективную методику, основным достоинством которой является неинвазивность и возможность многократного повторения. Такая методика позволяет избежать воздействия ионизирующего излучения, сократить риски накопления контрастного препарата у пациентов со сниженной клубочковой фильтрацией, экономически целесообразна из-за невысокой стоимости исследования. На примере данного

больного можно предположить, что увеличение кровотока даже по контралатеральной внутренней сонной артерии приводит к улучшению перфузии как здорового, так и пораженного полушария головного мозга за счет коллатерального кровотока, тем самым способствуя скорейшему регрессу неврологического дефицита. Каротидная эндартерэктомия в остром периоде ишемического инсульта является не только профилактической, но и лечебной процедурой. Показания к выполнению таких операций должны выставляться с учетом результатов перфузионных методик (ОФЭКТ, контрастной и бесконтрастной МР-перфузии).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература/References

1. Гусев Е.И., Коновалов А.Н., Скворцова В.И., Гехт А.Б. (ред.). Неврология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2010. [Gusev E.I., Konovalov A.N., Skvortsova V.I., Gekht A.B. (eds.). Neurology: national guidance. Moscow: GEOTAR-Media; 2010 (in Russ.).]
2. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet*. 1998; 351 (9113): 1379–87.
3. Barnett H.J.M. Prospective randomized trial of symptomatic patients: result from the NASCET study. In: Moore W.S. (ed.). Surgery for cerebrovascular disease. Philadelphia: W.B. Saunders; 1996; 74: 537–9.
4. Kasper G.C., Wladis A.R., Lohr J.M., Roedersheimer L.R., Reed R.L., Miller T.J. et al. Carotid thromboendarterectomy for recent total occlusion of the internal carotid artery. *J. Vasc. Surg.* 2001; 33 (2): 242–50.
5. Weis-Müller B.T., Huber R., Spivak-Dats A., Turowski B., Siebler M.,

- Sandmann W. Symptomatic acute occlusion of the internal carotid artery: reappraisal of urgent vascular reconstruction based on current stroke imaging. *J. Vasc. Surg.* 2008; 47 (4): 752–9.
6. Berthet J.P., Marty-Ané C.H., Picard E., Branchereau P., Mary H., Veerapen R. et al. Acute carotid artery thrombosis: description of 12 surgically treated cases. *Ann. Vasc. Surg.* 2005; 19 (1): 11–8.
 7. Murata T., Horiuchi T., Nitta J., Sakai K., Ogiwara T., Kobayashi S. et al. Urgent open embolectomy for cardioembolic cervical internal carotid artery occlusion. *Neurosurg. Rev.* 2010; 33 (3): 341–8.
 8. Wolf R.L., Detre J.A. Clinical neuroimaging using arterial spin-labeled perfusion magnetic resonance imaging. *Neurotherapeut.* 2007; 4 (3): 346–59.
 9. Максимова М.Ю., Коробкова Д.З., Кротенкова М.В. Методы визуализации пенумбры при ишемическом инсульте. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2013; 6: 57–66. [Maksimova M.Yu., Korobkova D.Z., Krotenkova M.V. Imaging of the ischemic penumbra in acute stroke. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology).* 2013; 6: 57–66 (in Russ.).]
 10. Walker M.D., Marler J.R., Goldstein M. et al. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. *JAMA.* 1995; 273 (18): 1421–8.
 11. Чечулов П.В., Вознюк И.А., Сорочка В.В., Вараксина Е.А., Айдаев С.С., Зенин А.В. Каротидная эндартерэктомия в первые дни после ишемического инсульта безопасна и оправдана. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2013; 3: 24–9. [Chechulov P.V., Voznyuk I.A., Soroka V.V., Varaksin E.A., Aydaev S.S., Zenin A.V. Carotid endarterectomy in the first days after an ischemic stroke is safe and justified. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya (Thoracic and Cardiovascular Surgery, Russian journal).* 2013; 3: 24–9 (in Russ.).]
 12. Harbaugh R.E., Patel A. Surgical advances for extracranial carotid stenosis. *Neurosurgery.* 2014; 74 (Suppl. 1): S83–S91.
 13. Крылов В.В., Леманев В.Л., Мурашко А.А., Лукьянчиков В.А., Далибалдян В.А. Лечение пациентов с атеросклеротическим поражением брахиоцефальных артерий в сочетании с интракраниальными аневризмами. *Нейрохирургия.* 2013; 2: 80–5. [Krylov V.V., Lemenev V.L., Murashko A.A., Luk'yanchikov V.A., Dalibaldyan V.A. Treatment of patients with atherosclerotic lesions of brachiocephalic arteries in conjunction with intracranial aneurysms. *Neyrokhirurgiya (Russian Journal of Neurosurgery).* 2013; 2: 80–5 (in Russ.).]
 14. Bruls S., Van Damme H., Defraigne J.O. Timing of carotid endarterectomy: a comprehensive review. *Acta Chir. Belg.* 2012; 112 (1): 3–7.
 15. Capoccia L., Sbarigia E., Speziale F., Toni D., Fiorani P. Urgent carotid endarterectomy to prevent recurrence and improve neurologic outcome in mild-to-moderate acute neurologic events. *J. Vasc. Surg.* 2011; 53 (3): 622–7.
 16. Bartoli M.A., Squarcioni C., Nicoli F., Magnan P.E., Malikov S., Berger L. et al. Early carotid endarterectomy after intravenous thrombolysis for acute ischaemic stroke. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2009; 5: 512–8.
 17. Дуданов И.П., Васильченко Н.О., Коблов Е.С., Азиева А.З., Стерлин О.В., Бергер М.М. и др. Хирургическое лечение стенозированных сонных артерий у пациентов с выраженным неврологическим дефицитом в остром периоде ишемического инсульта. *Нейрохирургия.* 2013; 2: 18–24. [Dudanov I.P., Vasil'chenko N.O., Koblov E.S., Azieva A.Z., Sterlin O.V., Berger M.M. et al. Surgical treatment of stenotic carotid arteries in patients with severe neurological deficits in acute ischemic stroke. *Neyrokhirurgiya (Russian Journal of Neurosurgery).* 2013; 2: 18–24 (in Russ.).]
 18. Capoccia L., Sbarigia E., Speziale F., Toni D., Biello A., Montelione N. et al. The need for emergency surgical treatment in carotid-related stroke in evolution and crescendo transient ischemic attack. *J. Vasc. Surg.* 2012; 55 (6): 1611–7.
 19. Chalela J.A., Alsup D.C., Gonzalez-Atavales J.B., Maldjian J.A., Kasner S.E., Detre J.A. Magnetic resonance perfusion imaging in acute ischemic stroke using continuous arterial spin labeling. *Stroke.* 2000; 31 (3): 680–7.
 20. Bokkers R.P., Hernandez D.A., Merino J.G., Mirasol R.V., van Osch M.J., Hendrikse J. et al. Whole-brain arterial spin labeling perfusion MRI in patients with acute stroke. *Stroke.* 2012; 43 (5): 1290–94.
 21. Tavares A., Caldas J.G., Castro C.C., Puglia P. Jr, Frudit M.E., Barbosa L.A. Changes in perfusion-weighted magnetic resonance imaging after carotid angioplasty with stent. *Intervt. Neuroradiol.* 2010; 16 (2): 161–9.
 22. Hwang G., Oh C.W., Bang J.S., Jung C.K., Kwon O.K., Kim J.E. et al. Superficial temporal artery to middle cerebral artery bypass in acute ischemic stroke and stroke in progress. *Neurosurgery.* 2011; 68 (3): 723–39.
 23. Doerfler A., Eckstein H.H., Eichbaum M., Heiland S., Benner T. et al. Perfusion-weighted magnetic resonance imaging in patients with carotid artery disease before and after carotid endarterectomy. *J. Vasc. Surg.* 2001; 34 (4): 587–93.
 24. Van Laar P.J., Hendrikse J., Mali W.P., Moll F.L., van der Worp H.B., Osch M.J. et al. Altered flow territories after carotid stenting and carotid endarterectomy. *J. Vasc. Surg.* 2007; 45 (6): 1155–61.

Поступила 14.10.2016

Принята к печати 16.11.2016