

Современные возможности исследования мозгового кровообращения и уровня церебральной перфузии у больных с окклюзирующими поражениями брахиоцефальных артерий

И.П.Асланиди¹, Л.И.Пышкина², Т.Н.Сергуладзе¹

¹Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева, Москва (директор — акад. РАН и РАМН Л.А.Бокерия);

²Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова, кафедра неврологии и нейрохирургии лечебного факультета, Москва (зав. кафедрой — акад. РАМН, проф. Е.И.Гусев)

В статье представлен литературный обзор современных данных по методам исследования мозгового кровотока на экстра- и интракраниальном уровнях при окклюзирующих заболеваниях брахиоцефальных артерий. У больных с ишемией головного мозга описаны возможности оценки уровня перфузии неинвазивными методами — однофотонной эмиссионной компьютерной томографией с ^{99m}Tc-ГМПАО и ультразвуковыми методами диагностики с функциональными нагрузочными пробами.

Ключевые слова: церебральный атеросклероз, ишемический инсульт, ауторегуляция, каротидный стеноз, ультразвуковое дуплексное сканирование

Present capabilities of brain circulation evaluation and level of cerebral perfusion in patients with brachiocephalic arteries occlusive disease

I.P.Aslanidi¹, L.I.Pyshkina², T.N.Serguladze¹

¹Bakoulev Scientific Center of Cardiovascular Surgery, Moscow (Director — Acad. of RAS and RAMS L.A.Bockeria);

²The Russian National Research Medical University named after N.I.Pirogov, Department of Neurology and Neurosurgery of Medical Faculty, Moscow (Head of the Department — Acad. of RAMS, Prof. E.I.Gusev)

The article contains modern data review of a brain perfusion on extra- and intracranial levels during occlusion diseases of brachiocephalic arteries. In patients with brain ischemia there were described the possibilities of assessing the level of perfusion by noninvasive methods: single-proton emission computed tomography with ^{99m}Tc-HMPAO and ultrasound diagnostic methods with functional loading tests.

Key words: cerebral atherosclerosis, ischemic stroke, autoregulation, carotid stenosis, ultrasonic duplex scanning

Специальные анатомические и функциональные особенности делают головной мозг (ГМ) уникальным, существенно отличающимся от других органов человеческого организма. Прежде всего, поражает исключительная способность системы мозгового кровообращения к саморегуляции, регуляции перфузии и клеточного метаболизма.

Для корреспонденции:

Сергуладзе Тина Нодариевна, кандидат медицинских наук, врач функциональной диагностики рентгеновского отделения Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева
Адрес: 119049, Ленинский пр-т, 8, корп. 7
Телефон: (499) 236-9865
E-mail: serguladze74@mail.ru

Статья поступила 18.04.2012 г., принята к печати 05.06.2012 г.

Внутричерепные артерии отличаются от остальных артерий организма. Так как череп защищает их от внешнего давления, стенки сосудов становятся тоньше. В медию нет эластических волокон, однако мышечные артерии коры ГМ имеют хорошо развитую внутреннюю эластичную оболочку [1]. Еще более удивительная особенность системы мозгового кровообращения – гематоэнцефалический барьер, состоящий из специальных эндотелиальных клеток, находящихся в плотном контакте с мозговыми капиллярами. Он регулирует вход высокомолекулярных и гидрофильных веществ в центральную нервную систему. Эти вещества транспортирует общий поток крови, и они с легкостью попадают в другие органы тела, но

не в ГМ [2]. Мозг – единственный орган, практически лишенный энергетических запасов. Подачу кислорода и глюкозы обеспечивает мозговой кровоток (МКТ). Нейронная активность зависит от непрерывности этой подачи [3], что делает мозг крайне чувствительным и уязвимым к незначительным изменениям МКТ. Сосудистая система мозга обладает механизмом саморегуляции для поддержания мозгового кровотока.

Несмотря на разнообразие возможностей исследования мозгового кровотока, не существует конкретной и единственной методики, позволяющей оценить состояние церебрального кровообращения. В «пирамиде» методов исследования сосудистой патологии головного мозга, а также при изучении реактивности мозговых сосудов все составляющие крайне важны и дополняют друг друга. До недавнего времени многие диагностические приемы использовали только в научных разработках. Однако несмотря на, казалось бы, усовершенствованные алгоритмы обследований при различных видах интра- и экстракраниальной сосудистой патологии, необходимо внедрять новые диагностические методики, позволяющие полноценно понять и функционально оценить состояние

мозговой гемодинамики. Крайне важно комплексно подходить к обследованию церебрального кровотока у пациентов с сочетанным многососудистым поражением ветвей дуги аорты и коронарных артерий. Специалисты, занимающиеся обследованием и лечением данной категории больных, должны иметь определенный объем знаний как в области кардиологии и кардиохирургии, так и в практической неврологии и цереброангиологии.

В настоящее время существует множество новейших диагностических методов исследования патологии сосудов головного мозга, лидирующее место среди которых занимает ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС).

При исследовании брахиоцефальных и интракраниальных сосудов производят локацию и визуализацию их среза. Ультразвуковое дуплексное сканирование позволяет визуализировать почти все артерии, питающие головной мозг, определяя линейную скорость и направление кровотока. Использование транскраниального дуплексного сканирования способствует более достоверной диагностике локализации поражения сонных и позвоночных артерий (рис. 1).

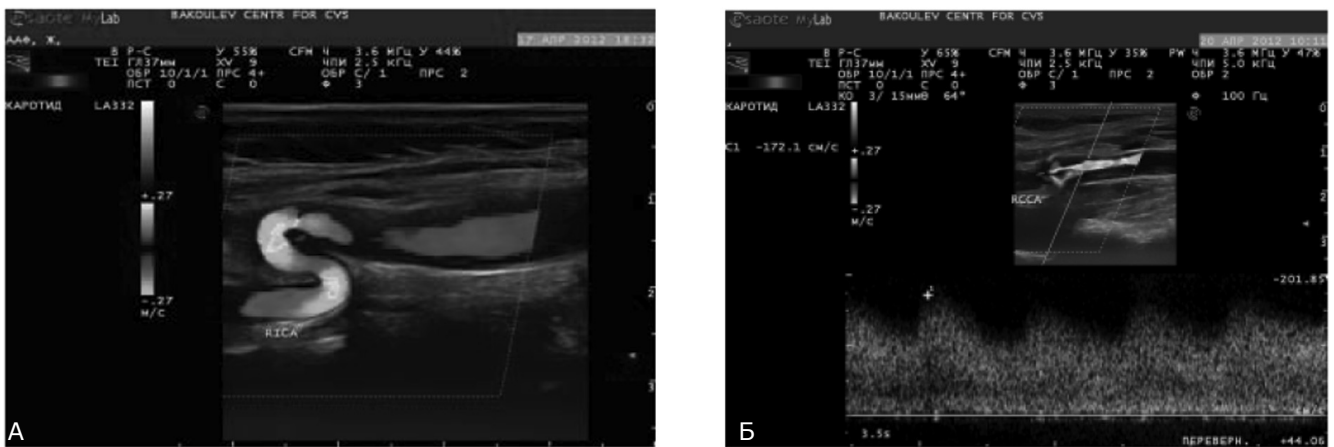


Рис. 1. Результаты ультразвукового дуплексного сканирования:
 А — S-образная деформация («кинкинг») внутренней сонной артерии;
 Б — критический стеноз внутренней сонной артерии

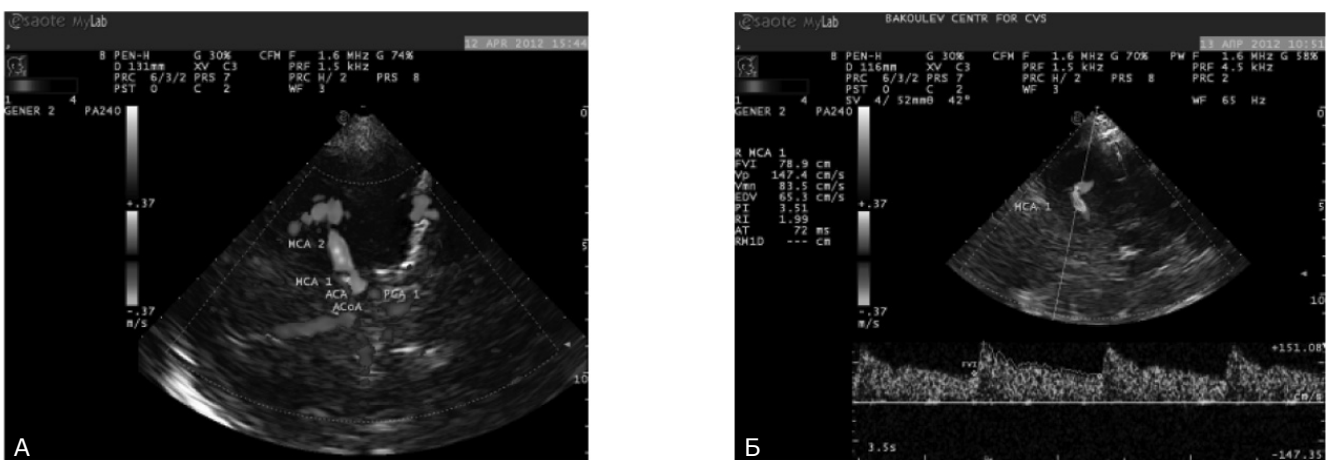


Рис. 2. Визуализация внутримозговых артерий в режиме ультразвукового цветного дуплексного сканирования:
 А — артерии виллизиева круга;
 Б — кровоток по средней мозговой артерии со спектральным анализом

Транскраниальное дуплексное сканирование (ТКДС) — один из наиболее достоверных методов исследования величины, направления и спектральных составляющих кровотока в интракраниальных ветвях внутренней сонной артерии (ВСА), задних мозговых артериях и коллатерального кровообращения по передней и задней соединительным артериям, а также по глазничному анастомозу в норме и при окклюзии ВСА. По своей чувствительности он превосходит золотой стандарт методов исследования кровеносных сосудов — ангиографию. Немаловажна роль ТКДС в выявлении аневризмы артерий и артериовенозных мальформаций сосудов основания мозга (рис. 2).

Наш многолетний опыт демонстрирует, что обязательное скрининговое исследование методом УЗДС и дальнейшее более детальное обследование мозгового кровообращения при помощи функциональных нагрузочных проб значительно улучшают результаты оперативного и консервативного лечения пациентов с сердечно-сосудистой патологией.

Ауторегуляция и вазодилататоры. Особенности церебральной гемодинамики

Ауторегуляция — это механизм, который позволяет регионарному мозговому кровотоку (рМКТ) оставаться постоянным в широком диапазоне колебаний регионального церебрального перфузионного давления (рЦПД) [4]. В физиологических условиях системное артериальное давление определяет рЦПД, так как церебральное венозное давление незначительно. Условия, которые воздействуют на приток артериальной крови или на адекватный венозный отток, могут изменить рЦПД глобально (например, снижение системного артериального давления, повышение внутричерепного давления) или локально (например, локальная артериальная облитерация, локальный венозный тромбоз). Основной компенсаторный ответ зависит от способности прекапиллярных резистивных сосудов реагировать на колебания уровня рЦПД. Для поддержания рМКТ пиальные артериолы сужаются при повышении уровня рЦПД и расширяются при его понижении.

Первые публикации о реактивности сосудов мозга как о свойстве, которое можно измерить, относят к концу 60-х гг. [5]. В дальнейшем показатели реактивности стали широко регистрировать наряду с количественными показателями кровотока [6]. Для определения количественных характеристик ауторегуляции необходимо исследовать изменения кровотока при воздействии различных функциональных проб, вызывающих вазодилататорную или вазоконстрикторную реакцию. Изменение линейной скорости кровотока (ЛСК) или регионарного мозгового кровотока под действием функциональных проб обозначают термином «цереброваскулярная реактивность» (ЦВР). Для количественной оценки ЦВР используют индексы реактивности, представляющие собой отношение показателей кровотока во время пробы к

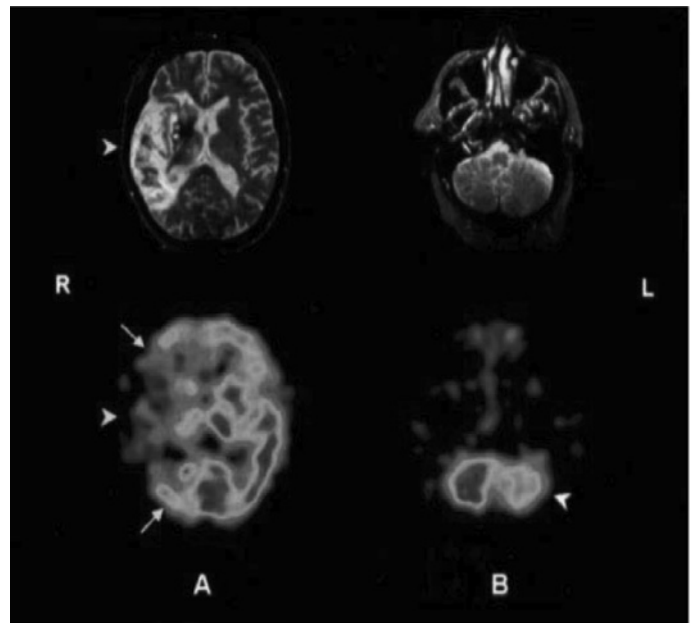


Рис. 3. Изображения МРТ T_2 -взвешенные (наверху) и ОФЭКТ с ^{99m}Tc -ГМПАО (внизу). Срезы на уровне базальных ганглиев (А) и мозжечка (В) у пациента с инфарктом в бассейне правой средней мозговой артерии

А — изображение ОФЭКТ показывает большую протяженность ишемии, чем МРТ (стрелки и указатели слева); В — анатомическая картина полушарий мозжечка нормальная, при этом в левом полушарии мозжечка (указатель справа) пониженное поглощение трейсера (гипоперфузия) из-за кросс-кортикоцеребеллярного диашиза [19]

исходному значению этого же показателя в покое непосредственно перед функциональной нагрузкой. В клинической практике при оценке ЦВР в каротидном бассейне головного мозга с помощью транскраниальной доплерографии (ТКДГ) чаще других применяют два вида тестов:

- тесты, вызывающие изменения газового состава артериальной крови, — гиперкапнические (ингаляция 5–7% диоксида углерода, произвольная задержка дыхания, внутривенное введение 1 г ацетазоламида) и гипокapнические-гипоксические (гипервентиляция, ингаляция кислорода) нагрузки;
- тесты с изменением перфузионного давления в мозговых артериях — ортостатическая и антиортостатическая нагрузки, тест компрессии общей сонной артерии (ОСА), тест нефармакологической артериальной гипотензии.

Тесты, приводящие к изменению объема притекающей крови, вызывают реакцию системы регуляции кровообращения преимущественно по миогенному и, вероятно, по нейрогенному контуру за счет барорецепторного аппарата. Сущность подобных тестов лежит в остром изменении уровня трансмурального давления, что сопровождается соответствующим изменением тонуса резистивных сосудов. Проба Вальсальвы,

орто- и антиортостатические нагрузки не лишены целого ряда недостатков (трудности дозирования, ярко выраженный индивидуальный уровень чувствительности, определяемый степенью тренированности и др.), обуславливающих их ограниченное применение.

При проведении компрессионного теста проводят пальцевую компрессию общей сонной артерии в течение пяти кардиоциклов с прекращением компрессии в фазу диастолы. Регистрируют ЛСК в ипсилатеральной средней мозговой артерии (СМА) до, во время и на протяжении 10–15 с после прекращения компрессии. По завершении компрессии в норме отмечают выраженный подъем ЛСК — транзиторный гиперемический ответ, длительность которого обычно не превышает 10 с. Он возникает на фоне стабильных показателей центральной гемодинамики, что позволяет объяснять увеличение ЛСК только церебральными механизмами [7]. С учетом того, что показатели периферического сопротивления во время гиперемического ответа достоверно ниже исходных показателей, предполагают, что он является следствием снижения циркуляторного сопротивления в бассейне СМА в ответ на снижение перфузионного давления. Таким образом, в настоящее время существует широкий арсенал тест-нагрузок, позволяющих оценивать состояние церебрального перфузионного резерва с помощью ТКДГ.

Использование ТКДГ с функциональными тестами у пациентов с окклюзирующими поражениями магистральных артерий головного мозга позволило прогнозировать ишемические поражения головного мозга, оптимизировать отбор пациентов, нуждающихся в хирургическом вмешательстве [8]. Изменения цереброваскулярной реактивности у пациентов с окклюзирующим поражением ВСА легли в основу классификации коллатерального кровоснабжения и определения показателей к созданию экстра-интракраниального анастомоза [9]. Наибольшее количество исследований посвящено оценке риска развития нарушений мозгового кровообращения у пациентов с гемодинамически значимыми стенозами и окклюзиями ВСА.

Изучение состояния резервов коллатерального кровообращения у больных с нарушениями мозгового кровообращения показало, что при недостаточных резервах коллатерального кровоснабжения повторные инсульты возникают значительно чаще [10] и неврологический дефицит при окклюзирующих поражениях магистральных артерий головного мозга более грубый [11]. При оценке наличия функционирующих соединительных артерий у пациентов с ишемическими инсультами на фоне гемодинамически значимого поражения ВСА у 48% пациентов выявлено отсутствие функционирующей передней и у 57% — задней соединительных артерий [12]. Авторы считают, что такой неожиданно высокий процент отсутствия функционирующей передней соединительной артерии у пациентов с развившимися ишемическими инсультами доказывает, насколько значи-

ма роль этой артерии в предотвращении ишемии мозга.

Для определения реактивности вертебробазилярного бассейна применяют метод нахождения прироста линейной скорости кровотока по задней мозговой артерии при проведении пробы с фотонагрузкой. Нормальным значением индекса фотореактивности является увеличение скорости кровотока по задним мозговым артериям более чем на 25% [13, 14].

Клиническая значимость перфузионной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии головного мозга

Перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томография головного мозга (ОФЭКТ ГМ) — это метод функциональной нейровизуализации, который позволяет неинвазивным способом изучать физиологические и патофизиологические явления, происходящие в головном мозге. При соблюдении соответствующей техники и аккуратной интерпретации полученной информации перфузионная ОФЭКТ ГМ доказала свою значимость в ведении пациентов кардио- и ангиохирургического профиля. ОФЭКТ нашла клиническое применение в диагностике, отслеживании пациентов и в дальнейшем выборе тактики лечения [15].

ОФЭКТ ГМ предоставляет трехмерную информацию о перфузии и метаболическом статусе мозговой ткани. Эта информация часто служит дополнением к анатомическим данным, полученным структурными методами нейровизуализации, такими как КТ и МРТ.

Области ГМ, получающие скудные афферентные сигналы, начинают гиподисфункционировать, снижается их метаболизм, и они выявляются на изображениях ОФЭКТ в виде зон с низким уровнем поглощения. Это проливает свет на патофизиологию клинических симптомов, связанных с анатомически сохранными областями ГМ [16, 17]. Тем не менее наиболее часто встречающийся паттерн, известный как «кросс-кортикоцеребеллярный диализ», как правило, не имеет клинически значимых последствий (рис. 3) [18].

Как известно, атеросклеротические окклюзирующие поражения магистральных артерий головы, особенно внутренних сонных артерий, при недостаточном коллатеральном кровоснабжении могут вызвать локальное снижение МК, что ведет к церебральной ишемии и повышенному риску развития острых нарушений мозгового кровообращения. По данным литературных источников, ОФЭКТ с ^{99m}Tc -гексаметилпропиленаминоксим (^{99m}Tc -ГМПАО) в комплексе с другими методами нейровизуализации (магнитно-резонансные томография и ангиография) успешно применяют у пациентов с гипоплазией, стенозом и патологической извитостью магистральных артерий головы (по данным МРА), ишемическими инсультами и симптомами транзиторных ишемических атак в анамнезе [18].

В отличие от коронарного атеросклероза, раннее выявление стенозов каротидных артерий разработано еще недостаточно, и пациенты обращаются за медицинской помощью уже со стойким неврологическим дефицитом после перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения.

В то же время на большом материале межцентровых проспективных исследований показано, что своевременная и адекватно подобранная терапия, как консервативная, так и оперативная (каротидная эндартерэктомия, каротидно-подключичное шунтирование), приводят к резкому снижению риска ишемического инсульта [20].

По этой причине адекватная оценка состояния мозгового кровообращения у больных с повышенным риском ишемического инсульта остается актуальной медицинской проблемой. Важен также дифференцированный подход в выборе тактики лечения для таких пациентов. Патфизиологически очевидно, что реконструктивное ангиохирургическое вмешательство показано в первую очередь тем пациентам, у которых вследствие атеросклероза сонных артерий существенно снижен или исчерпан функциональный перфузионный резерв цереброваскулярного русла, но неврологический дефицит минимален или отсутствует. Перфузионный резерв определяют при этом как способность сосудистого русла к увеличению кровотока через реакцию вазодилатации в соответствии с изменяющейся метаболической потребностью [2, 5, 16, 20].

ОФЭКТ дает возможность получить информацию о разных аспектах функционирования головного мозга, в частности, метаболической активности клеток, перфузии мозговой ткани, ее васкуляризации, экспрессии рецепторов и др. Этот метод позволяет на практике осуществить топическую оценку состояния микроциркуляции, регионарного мозгового кровотока и функционального резерва цереброваскулярного русла. ОФЭКТ головного мозга в настоящее время широко применяют для диагностики острых и хронических нарушений мозгового кровообращения, для определения прогноза у больных с хроническими нарушениями кровообращения, тактики лечения и контроля эффекта проводимой терапии. Перфузионная ОФЭКТ головного мозга с использованием функциональных проб рекомендована для ранней диагностики ишемии головного мозга в публикациях секции по ядерной медицине МАГАТЭ [18, 20, 21].

Отечественные работы по результатам обследований пациентов с каротидными стенозами методом перфузионной ОФЭКТ головного мозга крайне противоречивы и находятся в стадии формирования и разработки стандартов. Однако существует общее мнение авторов о том, что состояние региональной перфузии головного мозга зависит от многих факторов, а не только от состояния кровоснабжающей системы. Перфузия зависит от функциональных потребностей мозга, состояния метаболизма в том или ином регио-

не, от способностей и состояния ауторегуляции надсегментарных отделов вегетативной нервной системы в обеспечении жизнедеятельности и поддержании гомеостаза [22].

В НЦССХ им. А.Н.Бакулева были пролечены 39 пациентов с окклюзирующими поражениями брахиоцефальных артерий. По данным ОФЭКТ ГМ с ^{99m}Tc-ГМПАО в покое и с нагрузочной пробой с персантином, у 56% больных до реконструктивной операции на брахиоцефальных артериях выявлена асимметрия кровоснабжения той или иной степени в бассейнах критически стенозированной внутренней сонной артерии с признаками гипоперфузии очагового характера областей полушарий. После хирургической коррекции стенозов (85% и более) на томограммах отмечено улучшение кровоснабжения в полушариях, рост показателей цереброваскулярного резерва.

Метод обладает высокой точностью в диагностике изменений показателей цереброваскулярного резерва у кардиохирургических больных до и после оперативного вмешательства в условиях искусственного кровообращения. Анализ и обобщение полученных с помощью ОФЭКТ данных дают возможность оценить влияние продолжительности искусственного кровообращения и времени пережатия аорты, а также величины фракции выброса левого желудочка на мозговую гемодинамику.

В течение последних 20 лет считали, что повышенная фракция экстракции кислорода (ФЭК), определенная позитронно-эмиссионной томографией (ПЭТ), отражает критическое падение церебрального перфузионного давления, известного как «нищая» перфузия. Последние статистические анализы доказали, что повышенная ФЭК может быть независимым фактором риска последующего ишемического инсульта у больных с окклюзирующей патологией сонных артерий.

Для оценки резерва церебральной перфузии у пациентов с окклюзирующей каротидной патологией также используют дипиридабол, поскольку ОФЭКТ или компьютерная томография с холодным ксеноном более доступны и могут быть выполнены с меньшими затратами, чем ПЭТ [23]. Недавние исследования доказали, что количественные измерения мозгового кровотока и ЦВР могут служить предиктором ишемического инсульта у пациентов со стенозом внутренней сонной артерии или окклюзией средней мозговой артерии [24]. Т.Огасавара и соавт. (2009) также сообщали об аналогичных результатах. Они предположили, что «нищую» перфузию легче выявлять с помощью однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, чем позитронно-эмиссионной, если цереброваскулярная реактивность сравнима с ФЭК [25]. Тем не менее остается спорным вопрос о том, связано ли напрямую нарушение цереброваскулярной реактивности у больных с окклюзирующей каротидной патологией с повышением фракции экстракции кислорода.

Литература

1. Бокерия Л.А. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. М., 2003.
2. Grefkes C., Nowak D.A., Eickhoff S.B. et al. Cortical connectivity after subcortical stroke assessed with functional magnetic resonance imaging // *Ann. Neurol.* Feb 2008. V.63(2). P.236–246.
3. Muroi C., Khan N., Bellut D. et al. Extracranial-intracranial bypass in atherosclerotic cerebrovascular disease: report of a single centre experience // *Br J Neurosurg.* Jun 2011. V.25(3). P.357–362.
4. Лаврентьев А.В. Патопфизиология ишемии головного мозга применительно к оперативной реваскуляризации головного мозга // Лаврентьев А.В., Пирцхалаишвили З.К., Морозов К.М. и др. Региональное кровообращение и микроциркуляция. М., 2002. Т.1. №1. С.32–37.
5. Pareés I., Pujadas F., Hernández-Vara J. et al. Reversible hemichorea associated with extracranial carotid artery stenosis // *J. Neurol. Sci.* Jan 2011. V.300(1–2). P.185–186.
6. Kim E., Sohn C.H., Na D.G. et al. Perfusion computed tomography evaluation of cerebral hemodynamic impairment in patients with unilateral chronic steno-occlusive disease: a comparison with the acetazolamide challenge ^{99m}Tc-hexamethylpropyleneamine oxime single-photon emission computed tomography // *J Comput Assist Tomogr.* Jul-Aug 2009. V.33(4). P.546–551.
7. Верещагин Н.В. Патология вертебробазилярной системы и нарушения мозгового кровообращения. М.: Медицина, 1980. 311 с.
8. Соколова Л.П. Особенности кровообращения головного мозга при додементных когнитивных расстройствах различного генеза // *Совр. пробл. науки и обр.* 2011. №4. С.56–58.
9. Kawashima M., Noguchi T., Yakushiji Y. et al. Leptomeningeal collateral and cerebral hemodynamics in patients with ICA and MCA steno-occlusion // *Neurol. Res.* Apr 2011. V.33(3). P.307–313.
10. Гусев Е.И., Скворцова В.И. Ишемия головного мозга // М.: Медицина, 2001. 328 с.
11. Moody E.B., Dawson R.C., Sandler M.P. ^{99m}Tc-HMPAO SPECT imaging in interventional neuroradiology: validation of balloon test occlusion // *AJNR Am J Neuroradiol.* 1991. V.12. P.1043–1044.
12. Сосудистые заболевания нервной системы / Под ред. Е.В.Шмидт. М.: Медицина, 1975. 664 с.
13. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Транскраниальное дуплексное сканирование: Метод. пособие. М., 2003.
14. Langner S., Fleck S., Seipel R. et al. Perfusion CT scanning and CT angiography in the evaluation of extracranial-intracranial bypass grafts // *Neurosurgery.* Apr 2011. V.114(4). P.978–983.
15. Knop J., Thie A., Fuchs C. et al. ^{99m}Tc-HMPAO-SPECT with acetazolamide challenge to detect hemodynamic compromise in occlusive cerebrovascular disease // *Stroke.* 1992. V.23. P.1733–1742.
16. Качеишвили М.Ю. Оценка мозгового кровотока и цереброваскулярного резерва у больных с приобретенными пороками сердца до и после хирургического лечения по данным ОФЭКТ с ^{99m}Tc-церефектом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2005.
17. Шахнович В.А. Ишемия мозга. Нейросонология. М.: АСТ, 2002.
18. Catafau A.M. Brain SPECT in clinical practice. Part I: perfusion // *J. Nucl. Med.* 2010. V.42. №2. P.259–271.
19. Одинак М.М., Михайленко А.А., Иванов Ю.С., Семин Т.Ф. Сосудистые заболевания головного мозга. СПб.: Гиппократ, 1997. 160 с.
20. Верещагин Н.В., Моргунов В.А., Гулевская Т.С. Патология головного мозга при атеросклерозе и артериальной гипертензии. М.: Медицина, 1997. 288 с.
21. Gerloff C., Bushara K., Sailer A. et al. Multimodal imaging of brain reorganization in motor areas of the contralesional hemisphere of well recovered patients after capsular stroke // *Brain.* Mar 2006. V.129(3). P.791–808.
22. Hirooka R., Ogasawara K., Inoue T. et al. Simple assessment of cerebral hemodynamics using single-slab 3D time-of-flight MR angiography in patients with cervical internal carotid artery steno-occlusive diseases: comparison with quantitative perfusion single-photon emission CT // *AJNR Am J Neuroradiol.* Mar 2009. V.30(3). P.559–563.
23. Mountz J.M. Nuclear medicine in the rehabilitative treatment evaluation instroke recovery. Role of diaschisis resolution and cerebral reorganization // *Eura Medicophys.* Jun 2007. V.43(2). P.221–239.
24. Kuroda S. Utility and validity of SPECT and PET in the perioperative managements of patients with cervical internal carotid artery stenosis // *Brain Nerve.* Sep 2011. V.63(9). P.933–944.
25. Murakami T., Ogasawara K., Yoshioka Y. et al. Brain temperature measured by using proton MR spectroscopy predicts cerebral hyperperfusion after carotid endarterectomy // *Radiology.* Sep 2010. V.256(3). P.924–931.

Информация об авторах:

Асланиди Ираклий Павлович, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева
Адрес: 121552, Рублевское ш., 135
Телефон: (495) 414-7639
E-mail: petom@mail.ru

Пышкина Людмила Ильинична, доктор медицинских наук, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии лечебного факультета Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И.Пирогова
Адрес: 117049, Москва, Ленинский пр-т, 8, корп. 8
Телефон: (495) 236-3288
E-mail: pyshlip@mail.ru