

*З.А. Суслина, М.А. Пирадов*

## **НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРИ СОСУДИСТОЙ ПАТОЛОГИИ МОЗГА**

*Научный центр неврологии РАМН, г. Москва*

**Р**ентгеновская компьютерная томография тридцать лет назад совершила подлинную диагностическую революцию в медицине, и прежде всего в неврологии и нейрохирургии. Реальность превзошла самые смелые ожидания: стало возможно с недостижимой до этого точностью и быстротой ставить правильный диагноз, прижизненно заглянув внутрь мозга и увидеть то, что нередко оставалось вне поля зрения врачей. Были пересмотрены многие представления о сосудистых, демиелинизирующих, воспалительных, опухолевых поражениях мозга, сложившиеся ранее на основе результатов патологоанатомических исследований. Точность томографической диагностики позволила резко повысить эффективность лечебных мероприятий, создать новые щадящие методы хирургического лечения. Дальнейшее развитие этого направления в медицине привело к появлению магнитно-резонансной томографии, компьютерно-томографической ангиографии и целого ряда других уникальных методов исследования систем и органов человека. Особое значение эти технологии стали играть в диагностике и лечении одной из важнейших проблем медицины — сосудистой патологии головного мозга [1—4].

При диагностике цереброваскулярной патологии в настоящее время используется широкий спектр нейровизуализационных методов исследования, основанных на различных физических принципах. К методам, основанным на эффекте рентгеновской томографии, относят саму компьютерную томографию (КТ), спиральную КТ, спиральную КТ-ангиографию (СКТА), КТ-перфузию, к методам, основанным на эффекте магнитного резонанса — магнитно-резонансную томографию (МРТ), МР-ангиографию, диффузионно-взвешенную МР (ДВ-МРТ), перфузионно-взвешенную МРТ (ПВ-МРТ) и функциональную МРТ (фМРТ). Наряду с этими методами диагностики вещества и сосудов головного мозга, в клинической практике широко

применяются цифровая рентгеноконтрастная субтракционная церебральная ангиография и ультразвуковые методы исследования экстра- и интракраниальных сосудов: ультразвуковая доплерография, ультразвуковая эмболдетекция, дуплексное сканирование, транскраниальное дуплексное сканирование. Для исследования мозгового кровотока и метаболизма наиболее широко используются однофотонная эмиссионная компьютерная томография и позитронно-эмиссионная томография, основанные на радиоизотопной компьютерной нейровизуализации.

### **Рентгеновская компьютерная томография и ее модификации**

КТ до сих пор широко используется в диагностике инсульта, являясь своего рода «золотым стандартом»: скорость, точность и стоимость — основные преимущества этого метода нейровизуализации. В острой стадии кровоизлияния в мозг точность КТ-диагностики достигает почти 99%. Высока его точность и при постановке диагноза инфаркта мозга — 78%. В настоящее время в большинстве клиник имеющих МРТ и КТ, последняя используется прежде всего для эффективной экстренной диагностики и лечения субарахноидальных и интрапаренхиматозных кровоизлияний. Это связано с тем, что зона повышенной плотности на КТ, соответствующая кровоизлиянию и обусловленная наличием гемоглобина, обладающего повышенным коэффициентом поглощения рентгеновских лучей по сравнению с нормальной окружающей тканью мозга, выявляется тотчас после развития кровоизлияния. Именно КТ позволила установить ранее неизвестные факты динамики развития внутричерепных гематом, показав, что кровоизлияния в мозг у каждого третьего больного протекают не монофазно, а продолжают нарастать в объеме в течение многих часов, требуя в эти сроки постоянного КТ-мониторинга. Именно с помощью КТ стал возможен эффективный вентрикулярный тромболизис, операции по стереотаксическому удалению гематом, включая манипуляции с введением в область кровоизлияния

гемостатиков или тромболитиков, адекватная коррекция острой обструктивной гидроцефалии. Тем не менее следует отметить, что в последние годы МРТ в режиме  $T2^*$  превзошла традиционную КТ в точности диагностики кровоизлияний в мозг.



Рис.1. КТ-ангиография.

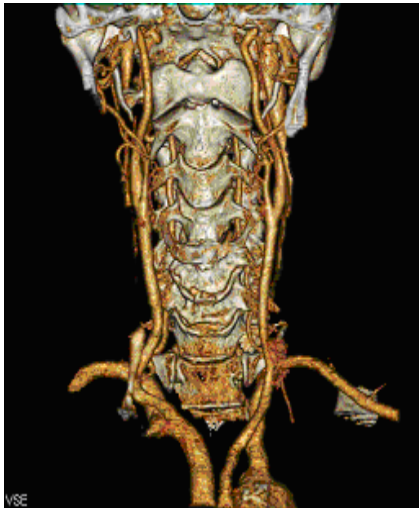


Рис.2. КТ-ангиография.

Дальнейшее развитие метода КТ привело к созданию технологии спиральной КТ, основанной на постоянном вращении самой рентгеновской трубки при одновременном поступательном движении стола, на котором лежит пациент. Это дало возможность получать трехмерные изображения принципиально иного качества, повысить диагностическую информативность исследований с внутривенным контрастированием из-за резко сократившегося времени обследования и появившейся в результате этого возможности скрининга обширных анатомических зон. Таким образом, был сделан необходимый шаг для появления уникального неинвазивного метода визуализации сосудистой сети мозга — спиральной КТ-ангиографии (рис.1, 2). С помощью этого

метода стало возможным получать наиболее информативные трехмерные изображения экстра- и интракраниальных сосудов, определять размеры атеросклеротических бляшек в артериях различного диаметра, соотносить костные образования черепа и позвоночника с проходящими рядом или внутри них артериями и венами. Внедрение спиральной КТ-ангиографии открыло новые горизонты в области не только диагностики, но и лечения, позволило объяснить патогенез целого ряда сосудистых феноменов. Была преодолена долгое время существовавшая неразрешимая проблема артефактов в районах мозга, граничивших с костными структурами. Основными ограничениями этой новейшей технологии нейровизуализации являются наличие рентгеновской нагрузки на пациента и высокая стоимость оборудования.

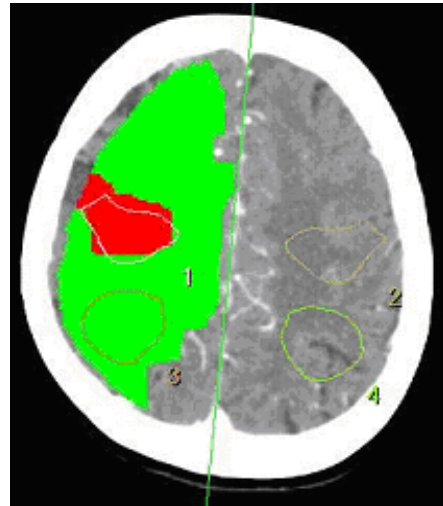


Рис.3. КТ-перфузия.

Среди современных методов визуализации, основанных на принципе рентгеновской КТ, необходимо упомянуть и метод КТ-перфузии (рис. 3). Этот метод позволяет получать информацию о количественных параметрах мозгового кровотока путем отслеживания прохождения по сосудистой сети мозга в течение нескольких десятков секунд болюсно введенного контрастного вещества и построения на данной основе региональных карт перфузии. Основной областью использования КТ-перфузии являются цереброваскулярные заболевания, и прежде всего острые ишемические нарушения мозгового кровообращения, где данная технология позволяет выделять зону все еще жизнеспособной «полутени» от инфарктной ткани и принимать на этой основе решения по дальнейшей тактике ведения пациента. Достоинствами данной технологии по отношению к МРТ-перфузии, с которой ее обычно и сравнивают, являются более высокая скорость исследо-

вания, более высокое качество изображения, количественные, а не качественные характеристики кровотока, возможность проведения исследования у лиц с водителями ритма и другими противопоказаниями для МРТ, более низкая стоимость обследования. К недостаткам метода могут быть отнесены ограниченная зона исследования, риск, связанный с введением контрастного вещества, ионизирующая радиация и более сложные процессы постобработки изображений. Однако уже сейчас очевидно, что перспективы КТ-перфузии в клинической практике чрезвычайно велики.

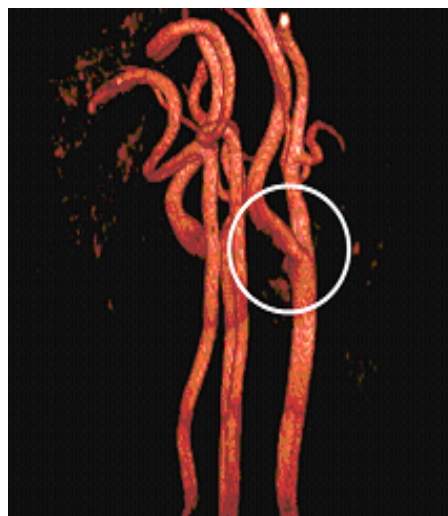
#### **Магнитно-резонансная томография и ее модификации**

Метод МРТ основан на способности определенных атомных ядер при наведении на них магнитного поля поглощать энергию в радиочастотном диапазоне и испускать ее после прекращения действия импульса. МРТ является одним из наиболее бурно развивающихся методов диагностики в медицине и неврологии в частности. К очевидным достоинствам МРТ, благодаря чему она заняла лидирующие позиции в области визуализации человеческого тела, относят отсутствие лучевой нагрузки, возможность получения изображений в любых плоскостях и их высочайшее качество, отсутствие артефактов от костной ткани, возможность получения бесконтрастного изображения от движущихся жидкостей. Уникальные свойства МРТ позволили ей занять многие лидирующие позиции в диагностике цереброваскулярных нарушений.

Подлинным прорывом в этом направлении стали методы диффузионно- и перфузионно-взвешенной МРТ, появившиеся несколько лет назад, но уже успевшие завоевать широкое признание нейрорентгенологов и специалистов, работающих в области инсульта. ДВ-МРТ способна выявлять ишемические изменения в ткани мозга уже через несколько минут после нарушения мозгового кровообращения, что во много раз быстрее, чем при стандартной МРТ. Это качество является неопределимым для принятия адекватных решений при рассмотрении вопросов о целесообразности тромболитической терапии. Не менее важным в диагностическом плане свойство ДВ-МРТ с легкостью дифференцировать застарелые и свежие очаги ишемии, подчас способствуя раскрытию различных патогенетических механизмов развития инфарктов мозга. Работами сотрудников нашего института показана высокая значимость ДВ-МРТ в разработке реабилитационных программ для больных в остром периоде ишемического инсульта. Многообещающими

выглядят возможности этой технологии для контроля за оценкой эффективности современных нейропротекторов, вазоактивных и антиагрегационных препаратов.

ПВ-МРТ дает возможность определять мозговой кровоток и основана на прохождении контрастного болюса по капиллярному руслу головного мозга. Следует отметить, что ПВ-МРТ обычно всегда применяется совместно с ДВ-МРТ. ПВ-МРТ используется для уточнения зоны «полутени», однако наиболее клинически значимая ее прогностическая роль в предсказании возможных последствий еще только произошедшего инфаркта мозга. Учеными нашего центра показана возможность выявления зон гипоперфузии по данным ПВ-МРТ уже за несколько десятков часов до развития здесь же структурных изменений по ДВ-МРТ. Соотношение ДВ-МРТ/ПВ-МРТ является сегодня той основой, на которой делаются попытки построить оптимальные индивидуализированные алгоритмы ведения конкретного больного, включая не только острейший, но и более поздний реабилитационный период после инсульта.



**Рис. 4. МР-ангиография.**

Новейшие методы компьютерной обработки данных, получаемых от МР-томографов, позволили создать программы, показывающие сигналы, исходящие только от потоков крови, проходящей через сосуды человека, сведя к минимуму сигналы от неподвижных образований. Новая технология, названная МР-ангиографией (рис. 4) стала активно использоваться в современной клинической практике. На сегодняшний день по своей чувствительности в плане выявления гемодинамически значимых стенозов она, будучи неинвазивной, вплотную приблизилась к

«золотому стандарту» в области ангиографии — рентгеновской дигитальной субтракционной ангиографии. Показана высокая информативность МР-ангиографии в диагностике прежде всего интракраниальных сосудов, интракраниальных аневризм, артериовенозных мальформаций. При введении контрастного вещества МР-ангиография может быть использована и для диагностики патологии экстракраниальных артерий головы. Является ли она более эффективной в диагностике цереброваскулярных заболеваний чем спиральная КТ-ангиография? Конечно же, нет. Каждый из этих двух методов имеет свои достоинства и ограничения, вытекающие из тех физических принципов, на основе которых они были созданы и о которых шла речь выше. МР-ангиография не может «видеть» атеросклеротические бляшки, но она безопасна с точки зрения рентгеновского излучения. КТ-ангиография позволяет получать более качественные трехмерные изображения любых сосудов, соотношенные с костными структурами, но требует введения высоких доз контрастных препаратов. В нашем центре совместно с сотрудниками Института ядерной физики им. И.В.Курчатова РАН уже несколько лет успешно проводятся работы по совмещению изображений, получаемых на томографах, работающих на основе различных физических принципов по модели «объем в объем». Это позволяет в наибольшей степени использовать достоинства каждого из указанных методов диагностики. Вероятно, за таким интегративным подходом и лежит будущее.

Завершая рассмотрение возможностей томографических нерадиационных методов диагностики сосудистой патологии мозга, нельзя не отметить и такой интереснейший метод, как функциональная МРТ (фМРТ). Она позволяет улавливать быстрые локальные изменения тканевой перфузии, связанные с функциональной активностью структур мозга при различных видах стимуляции (рис. 5) и основана на регистрации местных изменений кровотока, возникающих при активации коры головного мозга в ответ на сенсорные, двигательные и иные виды стимуляции. В области исследования сосудистой патологии мозга фМРТ, вероятно, будет иметь серьезные перспективы при разработке различных алгоритмов нейрореабилитационных программ и как один из тонких методов контроля эффективности различных фармакологических препаратов, а также для раскрытия феномена

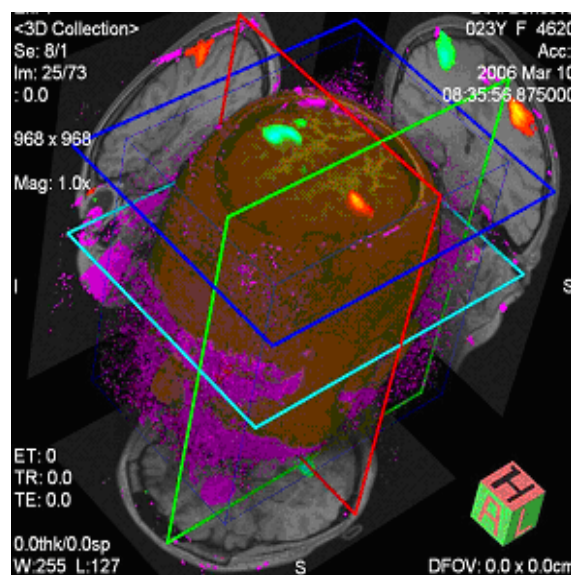


Рис.5. Функциональная МРТ.

пластичности ЦНС. Первые исследования такого рода уже проведены в стенах Научного центра неврологии РАМН.

Любой современный метод диагностики сосудистого русла головного мозга, который впервые внедряется в клиническую практику, прежде всего соотносится с «золотым стандартом» в этой области — дигитальной субтракционной церебральной ангиографией (ДСЦА). Еще недавно ведущий диагностический метод, он стал в последние годы экспертной методикой. Однако, благодаря бурному развитию эндоваскулярной хирургии, ДСЦА и поныне широко используется в лечебных целях при проведении стентирования сонных, позвоночных, интракраниальных артерий, баллонировании аневризм, а также при ряде других хирургических манипуляций.

#### Ультразвуковые методы исследования

Ультразвуковые методы диагностики сосудистых заболеваний мозга имеют несопоставимо большую доступность для врачей общей практики по сравнению с дорогостоящими томографическими методами, хотя новейшие ультразвуковые системы экспертного класса вплотную подошли к стоимости наиболее простых компьютерных томографов. Хорошо всем известная ультразвуковая доплерография и поныне верой и правдой служит врачам в поликлиниках и небольших стационарах, позволяя выявлять грубые поражения магистральных артерий головы. Незаменима она и при скрининговом обследовании групп повышенного риска, а также для отбора пациентов на более совершенные методы диагностики. Высокий

процент больных с артерио-артериальными и кардиогенными эмболиями, перенесших ишемические нарушения мозгового кровообращения, сделали популярным метод транскраниальной ультразвуковой эмболодетекции, позволяющий своевременно диагностировать церебральные эмболы и способствовать эффективному проведению вторичной фармакологической и хирургической профилактики инсульта.

В диагностике сосудистых заболеваний мозга новым словом стало широкое внедрение метода дуплексного сканирования, который в настоящее время позволяет изучать структуру и проследить эволюцию атеросклеротической бляшки, с 95% точностью определять степень стеноза при патологии магистральных артерий головы, оценивать функциональную значимость септальных стенозов, исследовать гемодинамику внутри участков деформаций крупных экстракраниальных артерий, т.е. делать то, что пока недоступно, например, МР-ангиографии. В ультразвуковых аппаратах экспертного класса реализовано решение важнейшей проблемы — дифференциации закупорки сосуда и его субтотального стеноза, что имеет принципиальное значение для выбора дальнейшей тактики лечения. Не менее значим и тот факт, что три четверти операций каротидной эндартерэктомии выполняются во всем мире уже не на основе ДСЦА, а после дуплексного сканирования.

Незаменимым неинвазивным методом оценки состояния основных интракраниальных артерий в отсутствие МР-ангиографии и спиральной КТ-ангиографии является транскраниальное дуплексное сканирование, которое с успехом используется не только для выявления окклюзирующих процессов в интракраниальных артериях, но и при диагностике вазоспазма после субарахноидального кровоизлияния, аневризм (выявляется до 85% артериальных аневризм свыше 6 мм в диаметре) и артериовенозных мальформаций, а также для оценки состояния коллатерального кровообращения и состояния цереброваскулярного резерва. Основным ограничением метода служит отсутствие у исследуемого так называемых «ультразвуковых окон» в черепе, что, по данным нашего центра, отмечается в 8—15% наблюдений. В последние годы получены многообещающие данные об оценке состояния венозной системы сосудов мозга, что ранее считалось маловероятным.

Бурное развитие компьютерных технологий в данной области привело к появлению таких

методов, как нативная гармоника, панорамное сканирование, нативное контрастирование, режим трехмерной реконструкции. Однако их роль в диагностике патологии сосудистого русла мозга нуждается в дополнительных исследованиях.

Анализируя современные технологии нейровизуализации, мы не можем обойти вниманием наиболее точный метод оценки мозгового кровотока и метаболизма — позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ), основанную на регистрации фотонов, образующихся при распаде изотопов. Высокая стоимость оборудования, включающая в себя специальный ускоритель заряженных частиц (бэби-циклотрон), и сложность в трактовке получаемых результатов пока ограничивают ее широкое применение в клинической практике. Но именно с помощью ПЭТ были открыты наиболее клинически значимые патофизиологические феномены, развивающиеся при нарушениях мозгового кровообращения — «нищей перфузии», «ишемической полутени» и «транскраниального диашиза». ПЭТ — это наиболее совершенный инструмент для глубокого исследования основополагающих патологических процессов, развивающихся при поражении мозга и вместе с тем потенциально превосходный инструмент для решения прикладных задач, связанных с оценкой эффективности выполняемых нейрохирургических манипуляций, курсов медикаментозной терапии, риска повторных сосудистых нарушений.

Новейшие методы нейровизуализации открывают широкие перспективы для точной диагностики и разработки все более совершенных способов терапевтического и хирургического воздействия. Внедрение их в широкую клиническую практику позволяет уже сегодня снизить летальность и повысить эффективность программ профилактики при сосудистых заболеваниях мозга.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Очерки по ангионеврологии. / Под ред. З.А.Суслиной. — М., 2005.
2. Albers G., Thijs V., Wechsler L. et al. // *Ann. Neurol.* — 2006. — 2560. — P. 508—517.
3. Gonzalez R., Hirsch J., Koroshetz W. et al. *Acute ischemic stroke. Imaging and intervention.* — Springer, Berlin, 2006.
4. Heiss W.-D., Sorensen G. // *Stroke.* — 2007. — Vol. 38. — P. 238—240.

Поступила 28.03.07.

