

# Перфузионная компьютерная томография при патологии брахиоцефальных артерий в практике невролога

<sup>1</sup>А.А. Артамонов, <sup>2</sup>С.П. Морозов

<sup>1</sup>ФГУ «Учебно-научный медицинский центр» УД Президента РФ,

<sup>2</sup>ФГУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» УД Президента РФ

В статье представлены возможности применения современного метода инструментальной диагностики – перфузионной компьютерной томографии в обследовании больных с поражением магистральных сосудов головы и шеи в клинической практике врача невролога.

**Ключевые слова:** перфузионная КТ, патология брахиоцефальных артерий, окклюзия, стеноз.

The present paper discusses application of modern instrumental diagnostic technique –perfusion computerized tomography for examination of patients with lesions in main vessels of the head and neck. The author discusses possibilities of this technique in the neurologist's clinical practice.

**Key words:** perfusion computerized tomography, indications, diagnostic possibilities.

## Введение

Профилактика и лечение острых нарушений мозгового кровообращения по ишемическому типу является наиболее актуальной задачей клинической неврологии. Инсульт уверенно занимает первое место среди причин стойкой утраты трудоспособности. Летальность в течение первого года после инсульта составляет – 35–38%, а в целом нарушения мозгового кровообращения являются причиной четверти всех смертельных исходов.[2]

Поражения прецеребральных артерий у больных ишемической болезнью мозга носит распространенный характер. В 87% поражаются две и более артерии. В 2/3 наблюдений страдают сосуды трех и более сосудистых бассейнов головного мозга. У 70% больных обнаруживают полную непроходимость хотя бы одной прецеребральной артерии, а у 90% гемодинамически значимый стеноз. Атеросклеротические изменения находят преимущественно в начальных сегментах внечерепных отделов артерий, кровоснабжающих головной мозг. Интракраниальные поражения обнаруживают в 4 раза реже. Окклюзии и стенозы чаще поражают сонные артерии (54–57% наблюдений) и каротидный бассейн, в общем (на 20% чаще, чем базилярный). В каротидных бассейнах часто встречаются многоуровневые (эшелонированные или тандемные) поражения одного сосудистого бассейна.

Наиболее частым последствием стенозирующих процессов магистральных артерий головы, приводящим к стойкой утрате функций головного мозга, является ишемический инсульт. Однако понятие «ишемический инсульт» отражает только факт развития заболевания, обусловленного уменьшением кровотока в определенной зоне мозга и характеризующегося формированием ограниченного инфаркта. В свою очередь, инфаркт мозга – это зона некроза, образовавшаяся вследствие грубых, стойких нарушений метаболизма нейрональных и глиальных структур, возникших в результате недостаточного кровообеспечения. Дефицит перфузионного давления, в свою очередь, объясняется стенозом (или окклюзией) магистральных артерий головы или артерий мозга.[1]

В связи с тем, что стенозирующие процессы магистральных артерий головы играют важнейшую роль в развитии ишемического поражения головного мозга, научным сообществом постоянно разрабатываются и

совершенствуются алгоритмы обследования больных с патологией сосудов, кровоснабжающих головной мозг, ключевую роль в которых играют методики нейровизуализации. В настоящее время особое внимание уделяется технологиям, которые позволяют получить не только «анатомическое» изображение структур головного мозга, но и данные о состоянии сосудов коллатерального кровотока и их функциональных возможностях. Это дает возможность определить тактику ведения таких пациентов и использовать наиболее эффективные для конкретного пациента подходы к лечению, а также первичной и вторичной профилактике заболевания.

Одной из наиболее перспективных методик изучения мозгового кровотока является перфузионная компьютерная томография (ПКТ).

ПКТ является «расширением» обычной, бесконтрастной рентгеновской компьютерной томографии, которое дает возможность изучения церебральной гемодинамики на капиллярном уровне. В этом плане она является естественным дополнением к КТ–ангиографии, позволяющей оценить состояние артерий шеи и крупных ветвей интракраниальных сосудов. Сущность метода заключается в количественном измерении мозгового кровотока путем оценки изменения рентгеновской плотности ткани во время прохождения внутривенно введенного контрастного вещества [3, 4, 6].

При ПКТ прохождение контрастного вещества по церебральной сети капилляров отслеживается при помощи серии КТ–срезов. На основании данных об изменении рентгеновской плотности элементов изображения по мере прохождения контрастного вещества строится график зависимости плотности (т.е. изменения концентрации контрастного вещества в каком–либо элементе среза) от времени (time–density curve, TDC). Используется около 40 мл йодсодержащего контрастного вещества, которое вводится со скоростью 4–8 мл/с. Для полного выполнения протокола и последующей реконструкции изображений требуется от 7 до 15 мин. Сканирование обычно проводится на уровне глубоких структур мозга и базальных ганглиев с захватом супратенториальных участков, кровоснабжаемых передней, средней и задней мозговыми артериями. Любая методика изучения тканевого кровотока основывается на оценке изменения

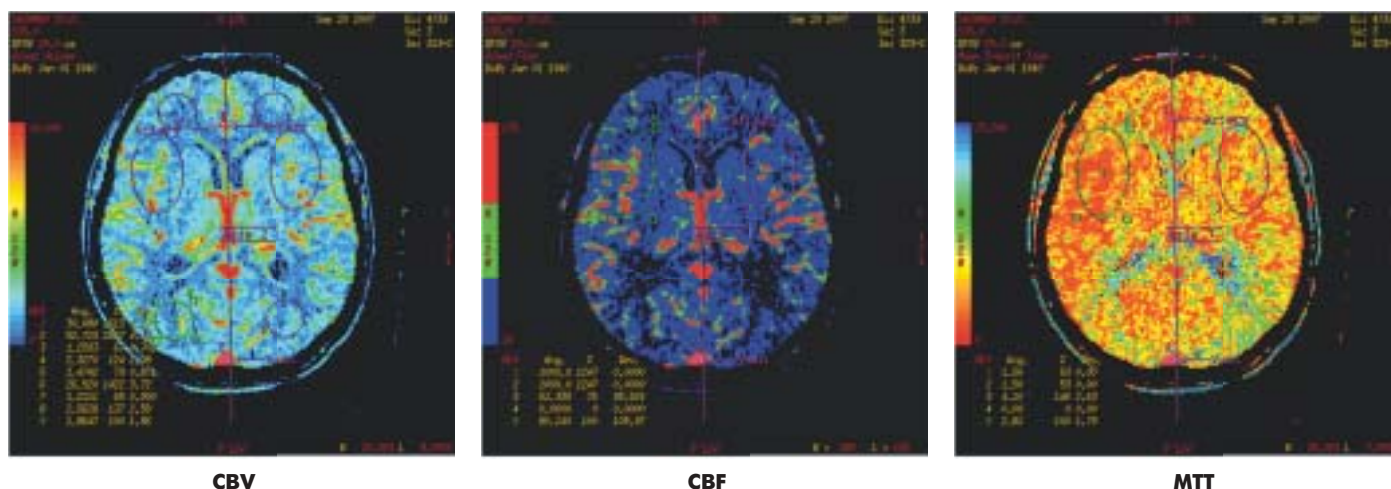


Рис. 1. Перфузионная компьютерная томография.

концентрации какого-либо маркера (красителя, радиофармпрепарата или контрастного вещества), введенного в сосудистое русло, с использованием различных математических моделей. Благодаря этому единому принципу, все методы исследования мозгового кровотока предоставляют информацию при помощи совокупности одних и тех же параметров (рис.1) [6].

- Церебральный объем крови (cerebral blood volume, CBV) – общий объем крови в выбранном участке мозговой ткани. Это понятие включает кровь как в капиллярах, так и в более крупных сосудах – артериях, артериолах, венах и венах. Данный показатель измеряется в миллилитрах крови на 100 г мозгового вещества (мл/100 г);
- Церебральный кровоток (cerebral blood flow, CBF) – скорость прохождения определенного объема крови через заданный объем ткани мозга за единицу времени. CBF измеряется в миллилитрах крови на 100 г мозгового вещества в минуту (мл/100 г х мин.);
- Среднее время прохождения (mean transit time, MTT) – среднее время, за которое кровь проходит по сосудистому руслу выбранного участка мозговой ткани, измеряется в секундах (с).

Согласно принципу центрального объема, который является общим для всех методов оценки тканевой перфузии, эти параметры связаны соотношением  $CBV = CBF \times MTT$ .

При проведении ПКТ церебральная перфузия оценивается по картам,

построенным для каждого из параметров, а также по их абсолютным и относительным значениям в соответствующих областях головного мозга.

В таблице 1 представлены показатели для серого и белого вещества в норме, при этом синаптическая функция нейронов ухудшается при кровотоке ниже 20 мл/100 г х мин., а необратимое нарушение метаболизма наступает при значениях CBF ниже 10–15 мл/100 г х мин., причем нарушение функционирования мембраны нейрона и ионных насосов не всегда является необратимым. Развитие инфаркта зависит не только от количественных значений перфузии, но и от длительности олигемии. Чем более выражено снижение кровотока, тем меньше времени требуется для развития необратимых изменений.

В целом чувствительность метода для выявления

очагов ишемического повреждения составляет более 90% [16]. Наиболее чувствительным к изменению кровотока параметром перфузии является MTT. В то же время удлинение MTT не всегда свидетельствует о наличии клинически значимого перфузионного дефицита, как, например, в случае хорошего функционирования коллатералей. При ишемическом повреждении ткани мозга зоне измененного MTT должна соответствовать область измененного CBF. Детальная оценка ишемического очага возможна при помощи анализа CBF и CBV. Необходимо подчеркнуть, что выявление зон потенциально жизнеспособной и необратимо поврежденной ткани при формировании ишемического очага с помощью ПКТ должно быть основано не только на определении мозгового кровотока (CBF), но и на оценке соотношения между кровотоком, объемом крови и длительностью прохождения крови в поврежденной области, то есть всеми регистрируемыми параметрами перфузии.

Несмотря на то, что ПКТ позволяет дать количественную оценку параметров мозгового кровотока, пороговые значения этих параметров, позволяющие точно определить обратимость повреждения ткани мозга, до настоящего времени не определены. Это связано с тем, что абсолютные значения перфузионных параметров значительно варьируют в зависимости от алгоритма проведения исследования и обработки данных, выбора артериальной и венозной функций, наличия крупных сосудов в области интереса, сердечного выброса и т.д. Вариабельность количественных показателей перфузии находится в пределах 20–25%, и их надежность еще не была доказана в крупных клинических исследованиях, поэтому полезным может оказаться сравнение полученных данных между полушариями и вычисление относительных показателей. Как правило, на этом основаны алгоритмы последующей обработки полученных при ПКТ

Таблица 1  
Нормальные значения перфузионных параметров серого и белого вещества головного мозга по данным ПКТ [25]

Область Параметр	CBF, мл/100 гхмин.	CBV, мл/100 г	MTT, с
Серое вещество	60	4	4
Белое вещество	25	2	4,8

данных, разработанные поставщиками оборудования. В дополнение к картам перфузионных параметров имеется возможность отобразить на срезе зоны с измененными относительно противоположного полушария показателями церебрального кровотока таким образом, что можно условно выделить участки необратимых изменений и потенциально жизнеспособной ткани. Однако такое разграничение не всегда оказывается справедливым и должно сочетаться с тщательным анализом перфузионных карт, данных других методов визуализации и клинических особенностей пациента.

Несомненными достоинствами ПКТ являются возможность количественной оценки перфузионных показателей, высокая доступность метода, быстрота выполнения исследования и относительно низкая чувствительность к движениям пациента, что особенно важно в urgentных условиях.

В данной статье мне хотелось бы остановиться на результатах использования перфузионной КТ при патологии брахиоцефальных артерий в практике невролога, а также, в качестве примера, привести клинический случай. В исследовании принимали участие пациенты неврологических отделений ФГУ «ЦКБ с поликлиникой» УД ПРФ.

Под нашим наблюдением находилось 15 больных со стенозирующим поражением брахиоцефальных артерий, среди которых было 8 мужчин и 7 женщин в возрасте от 57 до 82 лет. Всем пациентам в качестве скринингового метода проводилось цветное дуплексное сканирование (ЦДС) артерий головы и шеи. Для визуализации состояния внутричерепных артерий у 87% пациентов потребовалось проведение МСКТ-ангиографии в связи с отсутствием височного окна для проведения транскраниальной доплерографии. По результатам обследования было установлено, что у большинства преобладают двухсосудистое поражение (73 % пациентов), а у 4 пациентов – трехсосудистое поражение, причем в ходе исследования не у всех пациентов выявлялась зависимость между степенью поражения сосудов и тяжестью клинических проявлений. Атеросклеротические изменения находились преимущественно в начальных сегментах внечерепных отделов артерий, кровоснабжающих головной мозг.

У обследованных пациентов было установлено, что окклюзии и стенозы чаще поражают сонные артерии (77% наблюдений) и каротидный бассейн в общем (на 21% чаще, чем вертебрально-базиллярный).

В связи с тем, что у пациентов были многососудистые поражения, всем больным была проведена перфузионная компьютерная томография для оценки состояния коллатерального кровотока. По результатам обследований было установлено, что достаточная компенсация кровотока за счет развитых коллатералей наблюдалась только у 6 пациентов (40%), а остальные требовали проведение хирургической коррекции в ближайшее время в связи с высоким риском развития ишемического инсульта в будущем. Причем у пациентов, у которых были проведены и МСКТ-ангиография и перфузионная КТ было показано, что клиническая картина определялась как раз уровнем развития коллатеральных сосудов и состоянием позвоночных артерий. У 4 пациентов кровоснабжение головного мозга осуществлялось по 1 позвоночной артерии, при том, что обе сонные были значительно стенозированы (более 90 %) или окклюзированы, а вторая позвоночная имела врожденный дефект.

В качестве примера, хочется привести 2 клинических случая:

1. Пациент К., 58 лет, поступил в блок интенсивной неврологии с жалобами на речевые нарушения, слабость в дистальных отделах левой руки.

В анамнезе: ИБС. Гипертоническая болезнь (ГБ) III. Нарушение липидного обмена.

В статусе: Менингеальных знаков нет. Изменения речи по типу корковой дизартрии, преимущественно эфферентного типа. Снижена сила в дистальных отделах левой руки. Несколько оживлены рефлексы слева.

По данным МСКТ-ангиографии определяется полная окклюзия правой внутренней сонной артерии и сужение до 50% левой внутренней сонной артерии (рис. 2).

На фоне проведенной терапии у пациента полностью регрессировала пирамидная недостаточность, нормализовалась речь.

В связи с выраженными изменениями сосудистого русла, а также почти полным регрессированием неврологической симптоматики, пациент был проконсультирован с сосудистым хирургом. Для уточнения компенсаторных возможностей коллатерального кровообращения пациенту была проведена перфузионная КТ (рис. 3), по результатам которой был выявлен хороший объем мозгового кровотока за счет коллатералей и было решено отложить проведение оперативного вмешательства на более поздний период после проведения терапевтического лечения.

В результате: операция проведена через 3 месяца на устье правой внутренней сонной артерии и полностью восстановлена проходимость сосуда.

2. Пациент К., 80 лет, поступил в неврологическое отделение ЦКБ с жалобами на то, что в течение последних дней почти ежедневно чаще в утренние часы довольно остро развивались краткосрочные эпизоды моторной афазии.

В неврологическом статусе: Менингеальных симптомов нет. Со стороны черепно-мозговых нервов (ЧМН) – без особенностей. Двигательных и чувствительных нарушений нет. В пробе Ромберга покачивается. Пальцевую пробу выполняет неуверенно, медленно.

Больному проводилось повторное введение реоплиглюкина, после которого пациентом и лечащим врачом отмечалось улучшение: в течение 3 последних дней эпизоды не повторялись. Проведенное ЦДС выявило окклюзию правой внутренней сонной артерии, что позволило клиницистам высказать предположение о полшарном обкрадывании и, в свою очередь, явилось основанием для проведения МСКТ-ангиографии. Данные последнего исследования заслуживают особого внимания: в бассейне правой внутренней сонной артерии подтверждена окклюзия на всем ее протяжении. Слева в области внутренней сонной артерии определяет-



Рис. 2. МСКТ-ангиография в 3D-режиме.

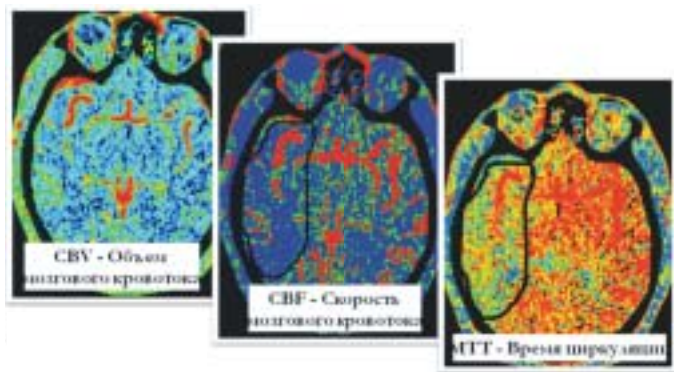


Рис. 3. Перфузионная КТ.

ся стенозирование (атеросклеротическое), а в бассейне левой среднемозговой артерии участок окклюзирующего поражения. Для определения компенсаторных возможностей коллатерального кровообращения проведена перфузионная КТ, показавшая, что на данном этапе коллатерали ещё выполняют свою функцию, но в связи с появлением переходящей неврологической симптоматики требуется хирургическая коррекция.

Все вышесказанное вкпе с клинико-неврологической симптоматикой позволило на данном этапе обсуждать нейрохирургическое пособие в виде наложения экстра-интракраниального анастомоза, в связи с чем больной был направлен в нейрохирургический стационар на консультацию, где, в последующем, и была проведена вышеуказанная операция.

**Заключение.** Перфузионная компьютерная томография является новым методом в обследовании больных с поражением магистральных сосудов головы и шеи для российской неврологической практики, хотя в зарубежной медицине этот метод уже давно является стандартом в обследовании сосудистых больных. При практически полном отсутствии противопоказаний к проведению исследования (только индивидуальная непереносимость йод-содержащих препаратов) данный метод позволяет получить полное представление о компенсаторных возможностях сосудистого русла у пациентов с патологией брахиоцефальных артерий и дать возможность неврологу и сосудистому хирургу оценить, требуется ли у данного пациента проведение срочного хирургического вмешательства на сосудах или можно подождать регресса неврологической симптоматики и провести операцию в холодном периоде.

### Литература

1. *Диагностическая нейрорадиология.* — Под ред. В.Н. Корниенко, И.Н. Пронина. — М., 2006.

2. *Инсульт: диагностика, лечение, профилактика.* Под ред. З. А. Суслиной, М. А. Пирадова. М.: МЕДпресс-информ, 2008.

3. Корниенко В. Н., Пронин И. Н., Пьяных И. С., Фадеева Л. М. Исследование тканевой перфузии головного мозга методом компьютерной томографии // *Медицинская визуализация.* 2007, №2. С. 70–81.

4. Axel L. Cerebral blood flow determination by rapid sequence computed tomography. *Radiology* 1980, 137:679–686.

5. Baron JC. Perfusion thresholds in human cerebral ischemia: historical perspective and therapeutic implications. *Cerebrovasc Dis.* 2001;11 Suppl 1:2–8.

6. Eastwood JD, Lev MH, Wintermark M et al. Correlation of early dynamic CT perfusion imaging with whole-brain MR diffusion and perfusion imaging in acute hemispheric stroke. *Am J Neuroradiol* 2003; 24:1869–1875.

7. Heiss WD: Flow thresholds for functional and morphological damage of brain tissue. *Stroke* 1983; 14:329–31.

8. Heiss WD: Ischemic penumbra: evidence from functional imaging in man. *J Cereb Blood Flow Metab* 2000; 20:1276–93.

9. Hoeffner EG, Case I, Jain R et al. Cerebral Perfusion CT: Technique and Clinical Applications. *Radiology* 2004; 231:632–644.

10. Latchaw RE, Yonas H, Hunter GJ et al. Guidelines and Recommendations for Perfusion Imaging in Cerebral Ischemia: A Scientific Statement for Healthcare Professionals by the Writing Group on Perfusion Imaging, From the Council on Cardiovascular Radiology of the American Heart Association. *Stroke.* 2003; 34:1084–1104. Symposium on Thrombolysis and Acute Stroke Therapy, 24–27 September 2008 Vienna, Austria and 21–23 September 2008, Budapest, Hungary): p. 271.

11. Miles KA, Eastwood JD, Konig M (eds). *Multidetector Computed Tomography in Cerebrovascular Disease. CT Perfusion Imaging.* Informa UK, 2007.

12. Nabavi DG, Cenic A, Craen RA et al. CT assessment of cerebral perfusion: experimental validation and initial clinical experience. *Radiology* 1999; 213:141–149.

13. Nabavi DG, Cenic A, Dool J et al. Quantitative assessment of cerebral hemodynamics using CT: stability, accuracy, and precision studies in dogs. *J Comput Assist Tomogr* 1999; 23:506–515.

14. Parsons MW. Perfusion CT: is it clinically useful? *International Journal of Stroke* Vol 3, February 2008, 41–50.