

Перспективное сравнение компьютерно-томографической ангиографии, магнитно-резонансной ангиографии и цифровой субтракционной ангиографии для определения степени гемодинамически значимых стенозов внутренних сонных артерий

И.С. Давыденко, М.В. Кротенкова, Р.Н. Коновалов, М.А. Пирадов

Научный центр неврологии РАМН, Москва

Целью настоящего исследования является определение информативности компьютерно-томографической ангиографии (КТА) и бесконтрастной магнитно-резонансной ангиографии (МРА) в сравнении с цифровой субтракционной ангиографией (ДСА) при атеросклеротическом поражении внутренних сонных артерий. Исследовано 70 пациентов со стенозами внутренних сонных артерий. Всем больным наряду с неврологическим осмотром проводились бесконтрастная МРА, КТА и ДСА экстракраниальных артерий. В каждом случае анализировалась проекция, на которой степень стеноза была максимальной. Для характеристики исследуемых методик использовались индексы чувствительности и специфичности, а также индекс позитивного высказывания. Частота совпадений результатов КТА с данными ДСА составила 95%, для МРА – 89%. КТА и бесконтрастная МРА могут быть использованы для адекватной оценки стенозов внутренних сонных артерий.

Ключевые слова: стеноз внутренней сонной артерии, компьютерно-томографическая ангиография, магнитно-резонансная ангиография, цифровая субтракционная ангиография.

Одной из наиболее частых причин нарушений мозгового кровообращения являются атеросклеротические стенозы сонных артерий. Стенозы наиболее часто локализуются в устьях и в области сифонов внутренних сонных артерий. Поражение экстракраниальных отделов сонных артерий встречается в 4 раза чаще интракраниальных.

«Золотым стандартом» диагностики состояния сонных артерий много лет является цифровая субтракционная ангиография. Однако в связи с высокой степенью риска данного исследования продолжают активно развиваться неинвазивные и малоинвазивные методы исследования, такие как компьютерно-томографическая ангиография и магнитно-резонансная ангиография.

Целью настоящего исследования является определение информативности КТА и бесконтрастной МРА в сравнении с ДСА при атеросклеротическом поражении внутренних сонных артерий (ВСА).

Материалы и методы

Пациенты

В период с сентября 2004 по сентябрь 2007 года было обследовано 70 пациентов (24 женщины и 46 мужчин) в возрасте от 25 до 78 лет (средний возраст $59 \pm 9,5$ лет) со стенозами ВСА, перенесших ишемический инсульт или преходящее нарушение мозгового кровообращения. Пациенты были распределены по трем группам.

Первую группу составили пациенты со стенозами ВСА до 50% (рис. 1). Вторую – больные со стенозами от 51% до 75% (рис. 2). Третью – со стенозами свыше 75% (рис. 3).

Степень стеноза ВСА при распределении пациентов по группам определялась по данным ДСА. Всем больным наряду с неврологическим осмотром применялись различные методы исследования, в том числе МРА, КТА и ДСА внутренних сонных артерий. В тех случаях, если у пациен-

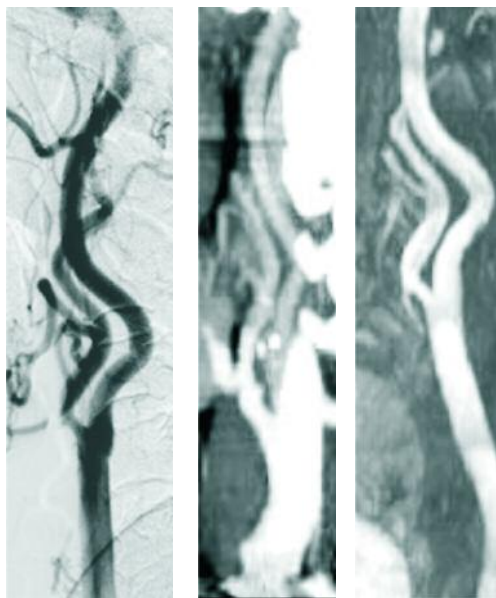


рис. 1: Группа стенозов до 50%. Стеноз правой ВСА – 20%. Слева – ДСА, в центре – КТА, справа – МРА без контрастного усиления.

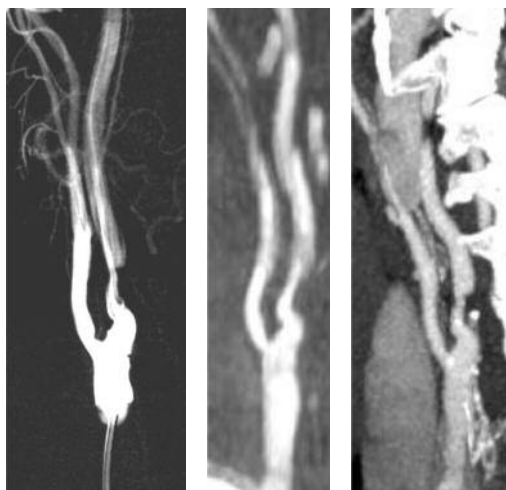


рис. 2: Группа стенозов от 50% до 75%. Левая ВСА – стеноз 70%, изъязвленная и частично кальцинированная бляшка. Слева – ДСА, в центре – КТА, справа – МРА без контрастного усиления.

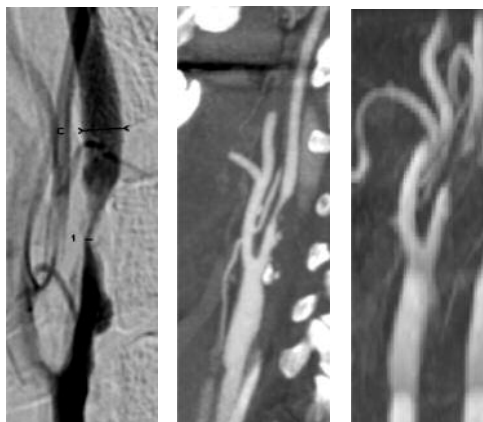


рис. 3: Группа стенозов свыше 75%. Стеноз 90% левой ВСА. Слева – ДСА, в центре – КТА, справа – МРА без контрастного усиления.

тов имелись противопоказания к проведению какого-либо из данных исследований (повышенный уровень креатинина в сыворотке, наличие искусственного водителя ритма и др.), они не включались в дальнейший анализ. Всего были получены данные о состоянии 140 внутренних сонных артерий.

Методы получения изображений

ДСА проводилась на ангиографической установке Innova 3100 (General Electric) при помощи катетеризации бедренной артерии. После получения изображений дуги аорты выполнялась селективная катетеризация общей сонной артерии. При каждой катетеризации были получены изображения в передне-задней и боковой проекциях, при необходимости некоторым пациентам проводились исследования в двух косых проекциях (-45° и $+45^\circ$). Для получения изображений использовались следующие параметры: поле обзора (FOV) – 30 см, матрица – 1024×1024 , пространственное разрешение – $0,32 \times 0,32$ мм.

Для проведения КТА и ДСА применялось неионное мономерное трийодированное водорастворимое контрастное средство Ультравист 350. Активный ингредиент, йогексол, содержался в данных препаратах в концентрации, соответствующей 350 мг йода/мл.

КТА проводилась на мультисрезовом компьютерном томографе Brilliance 16P (Philips) в положении на спине с максимально запрокинутой головой для уменьшения артефактов от зубных протезов. Сканирование проводилось от уровня дуги аорты до максимально возможного уровня в краниальном направлении. Параметры сканирования: коллимация – 16:15, скорость движения стола – 3 мм/с, поле обзора – 150×150 мм, толщина среза – 1,0 мм, длительность сканирования – 25–30 с. При помощи автоматического инжектора в кубитальную вену вводилось 80 мл неионного контрастного вещества со скоростью 2,5 мл/с. Спиральное сканирование проводилось по методике автоматического определения поступления болюса в дугу аорты. Длина сканируемой области составила 180–200 мм. Для анализа изображений использовались мультипланарные реконструкции (MPR) в режиме максимальной интенсивности (MIP) в сагитальной и коронарной плоскостях, а также трехмерная визуализация оттененных поверхностей (SSD 3D).

МРА без контрастного усиления проводилась на магнитно-резонансном томографе Magnetom Symphony (Siemens) с величиной магнитной индукции 1,5 Тесла. Использовались 3D TOF последовательности с последующим получением MIP и SSD 3D реконструкций. Сканирование выполнялось с уровня дуги аорты до основания черепа при помощи технологии быстрого сканирования со следующими параметрами: $-TR = 44$ мс, $TE = 7,22$ мс; угол поворота – 25° ; толщина среза – 0,8 мм; поле обзора – 200×200 мм; матрица – 512×192 ; пространственное разрешение – $1,0 \times 1,0 \times 1,0$ мм; длительность сканирования – 12 мин 14 сек.

Анализ изображений

Оценка качества изображений, полученных при ДСА, КТА и МРА, проводилась нейрорентгенологом. Учитывалось качество изображений в целом, включая интенсивность сигнала от сосудов, подавление сигнала от вен и наличие артефактов. Данные других обследований были скрыты от

исследователя. Результаты ДСА использовались в качестве стандарта.

Стеноз ВСА оценивался по критериям, использованным в Северо-американском рандомизированном исследовании NASCET [3, 4, 5]. Анализировалась проекция, на которой степень стеноза была максимальной. Степень стеноза (в процентах) вычислялась по формуле:

$$\% \text{ стеноза} = (1 - \frac{d}{D}) \times 100, \text{ где}$$

D — диаметр ВСА дистальнее стеноза;

d — диаметр участка артерии с максимальным стенозированием.

Статистическая обработка

Сравнительный анализ КТА, МРА и ДСА в плане степени и протяженности стеноза сосуда проводился при помощи непараметрического индекса межклассовой корреляции Spearman (Rs), а различия средних значений определялось с помощью критерия Стьюдента в программе STATISTICA, версия 6 StatSoft, Inc. (2001). Анализ точности диагностического метода выполнялся путем расчета его операционных характеристик и способов анализа согласованности независимых диагностических заключений для испытаний медицинских интерпретирующих приборов по программе, представленной компьютерным отделом МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского [2].

Использовались методы, разработанные для испытания интерпретирующих приборов с помощью трехзначной схемы квалификации, при которой учитываются крайние и промежуточные результаты измерений, такие как выраженная патология или слабо выраженная патология, в отличие от бинарной схемы квалификации, где учитываются только два показателя (патология и норма). Задача оценки качества состояла в идентификации достигнутых томографами его уровней, по числу назначенных взаимонезависимых характеристик. Уровни качества при этом опирались на "измеряемые" показатели, которые выражались каким-либо формальным способом, пригодным для сравнения однородной группы приборов (числовыми значениями). Для характеристики исследуемых методик использовались индексы чувствительности и специфичности, а также индекс позитивного высказывания.

Индекс чувствительности (I_p): характеристика того, что патология (в том числе и слабовыраженная) классифицируется как патология (в том числе и слабовыраженная).

Индекс специфичности (I_s): характеристика того, что норма, включая и пограничное состояние, классифицируется как норма, включая пограничное состояние.

Индекс ценности позитивного высказывания (I_+): характеристика того, что классифицированная патология (в том числе и слабовыраженная) это действительно патология (в том числе и слабовыраженная).

Проводя такое сравнение, важно знать, насколько хорошо приборы (компьютерные и магнитно-резонансные томографы) классифицируют норму и патологию, а детализированная информация о вероятности отнесения нормы к слабовыраженной патологии или отнесения слабовыражен-

ной патологии к выраженной патологии лишь загромождает числами общую картину. Поэтому целесообразно определить такие комбинированные показатели исходов классификации "за" и "против", каждый из которых характеризуется не одним, а двумя числами: верхней и нижней вероятностями исхода.

Кроме того, в трехзначной схеме квалификации определялся показатель чувствительности парой значений: общая чувствительность (верхняя вероятность) и чувствительность к выраженной патологии (пропорциональна нижней вероятности), а показатель специфичности — значениями общей специфичности и специфичности к норме.

Чувствительность к выраженной патологии ($R_{выр}$): частотная оценка вероятности того, что выраженная патология классифицируется как выраженная патология.

Общая чувствительность ($R_{общ}$): частотная оценка вероятности того, что патология (в том числе и слабовыраженная) классифицируется как патология (в том числе и слабовыраженная).

Специфичность к норме ($S_{норм}$): частотная оценка вероятности того, что норма классифицируется как норма.

Общая специфичность ($S_{общ}$): частотная оценка вероятности того, что норма, включая и пограничное состояние, классифицируется как норма, включая пограничное состояние.

При статистической обработке в трехзначной схеме расчетов за слабо выраженную патологию были приняты стенозы от 50 до 75%, за выраженную патологию — стенозы свыше 75%; стенозы до 50% были приняты за норму.

Результаты

Степень стеноза

В результате проведенных исследований была выявлена высокая значимая корреляция между данными КТА, бесконтрастной МРА и ДСА при оценке степени и протяженности стеноза внутренних сонных артерий для стенозов свыше 50%. Корреляция между результатами КТА и ДСА составила 0,93 ($p < 0,001$) и между результатами МРА и ДСА — 0,92 ($p < 0,001$).

Степень стенозирования оказалась недооцененной в 5 случаях по данным КТА и в 7 случаях по данным МРА. Перео-

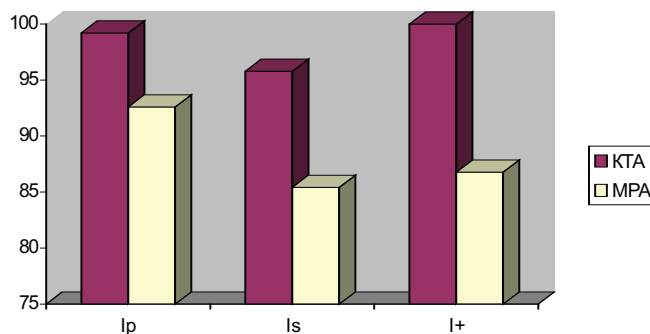


рис. 4: Сравнительная диаграмма информативности КТА и МРА по отношению к ДСА (принята за 100%). I_p — индекс чувствительности, I_s — индекс специфичности, I_+ — индекс ценности позитивного высказывания.

ценка степени стеноза при КТА выявлена в 3 случаях, при МРА – в 13 случаях. Переоценка степени стеноза при МРА определялась преимущественно при тяжелых стенозах (свыше 75% по данным ДСА).

Информативность КТА оказалась выше бесконтрастной МРА по всем трем анализируемым индексам. Индекс чувствительности составил для МРА – 92,59%; для КТА – 99,2%. Индекс специфичности составил для МРА – 85,42%; для КТА – 95,79%. Индекс ценности позитивного высказывания для МРА – 86,78%; для КТА – 100% (рис. 4). По данным параметрам информативность КТА была достоверно выше МРА, однако в целом оба метода оказались близкими по своим показателям к ДСА.

Для вариантов исходов тестирования КТА и МРА в трехзначной схеме определялись показатели чувствительности парой значений: общая чувствительность (верхняя вероятность) и чувствительность к выраженной патологии (пропорциональна нижней вероятности), а показатель специфичности – значениями общей специфичности и специфичности к норме [2]. Были получены следующие результаты: чувствительность к выраженной патологии (Рвыр): МРА – Рвыр=88,89%; КТА – Рвыр=94%. Общая чувствительность (Робщ): МРА – Робщ=95,24%; КТА – Робщ=98,61% (рис. 5). Специфичность к норме (Снорм): МРА – Снорм=86,88%; КТА – Снорм=100%. Общая специфичность (Собщ): МРА – Собщ=86,92%; КТА – Собщ=97,1% (рис. 6). По данным критериям КТА также превосходит МРА, но показатели обоих методов безусловно высокие. Различия по степени стеноза между КТА и ДСА, а также между ДСА и МРА, вычислялись по критериям Стьюдента. Средняя степень стеноза для ДСА составила 76,9% (+ 19,5), для КТА – 78,9% (+ 19,4), для МРА – 81,9% (+ 20,1). Различия по степени стеноза между МРА и ДСА были достоверны ($t = 7,6$; $p < 0,00001$), равно как и по степени стеноза между КТА и ДСА ($t = 4,8$; $p < 0,000008$).

Протяженность стеноза

При оценке протяженности стеноза была выявлена значимая корреляция между тремя методами визуализации. Наилучшей оказалась корреляция протяженности стеноза по данным МРА и ДСА – коэффициент корреляции составил 0,84 ($p < 0,001$); при сравнении протяженности стеноза по данным КТА и МРА коэффициент корреляции оказался равным 0,79 ($p < 0,001$) и при сравнении протяженности стеноза по данным ДСА и КТА – 0,70 ($p < 0,001$).

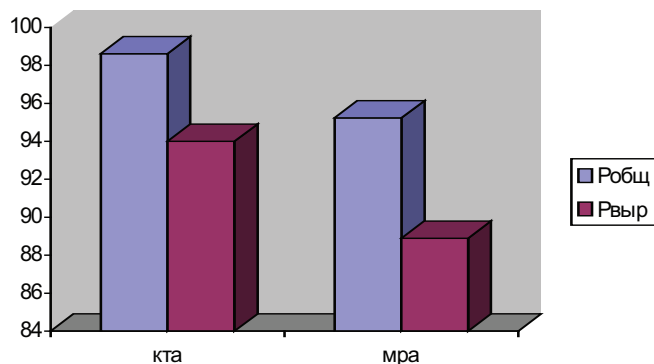


рис. 5: Диаграмма вариантов тестирования чувствительности в трехзначной системе. Робщ – общая чувствительность, Рвыр – чувствительность к общей патологии.

Обсуждение

До настоящего времени ДСА считается «золотым стандартом» для оценки степени стеноза сонных артерий. Однако этот метод позволяет получить лишь ограниченное количество изображений под различными углами обзора, следствием чего может быть недооценка степени стеноза вплоть до 40% при сравнении с гистологическим исследованием [7]. Кроме того, ДСА является весьма дорогостоящей процедурой, требующей множества дополнительных ресурсов. Наконец, ДСА, будучи высокоинвазивной манипуляцией, сопряжена с определенной степенью риска развития серьезных осложнений, связанных с самим исследованием (транзиторные ишемические атаки, инсульты и др.), что является наиболее важным фактором, ограничивающим сегодня применение этого метода. Согласно данным комитета исследования ACAS (Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study) Trial, риск стойкого неврологического дефицита и смерти вследствие ДСА составляет 1,2%, лишь немного уступая риску при самом хирургическом вмешательстве, для подготовки к которому (каротидная эндартерэктомия) чаще всего и выполняется ДСА – 1,5% [5]. В Североамериканском исследовании каротидной эндартерэктомии при симптомном стенозе было показано, что общий риск периоперационного развития стойкого неврологического дефицита или смерти составляет 5,8%, при этом на долю ДСА приходится 0,7% [11]. Таким образом, существует насущная потребность применения альтернативных неинвазивных и малоинвазивных методик, позволяющих оценивать стенозы сонных артерий.

Ключевым фактором оценки степени стеноза является хорошее качество изображения. Качество всех КТА-снимков, полученных в ходе данного исследования, удовлетворяло требованиям, необходимым для определения степени стеноза. Для получения высококачественных изображений при КТА достаточно, чтобы пациент не двигался и не глотал в течение 1 мин. Задержки дыхания при этом не требуется. Что касается МРА, то по сравнению с ДСА наиболее серьезным недостатком МРА является низкое пространственное разрешение [8]. В 13 случаях (11%) при бесконтрастной МРА диагностирована окклюзия у пациентов с критическими стенозами (по данным ДСА) вследствие отсутствия изображения просвета сосуда, что связано с турбулентностью, низкой скоростью кровотока и другими техническими причинами.

КТА является высокоточным методом для определения степени стеноза. Частота совпадений результатов с данными

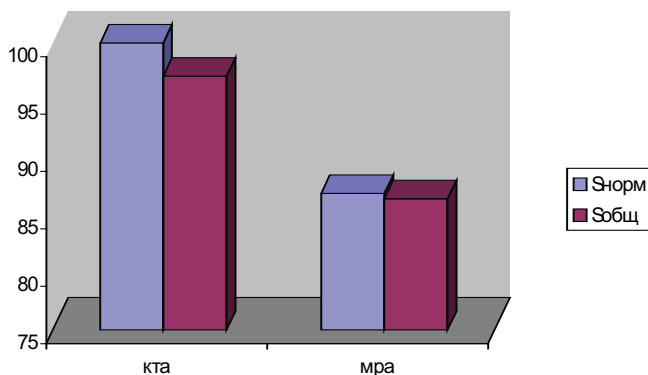


рис. 6: Диаграмма вариантов тестирования специфичности в трехзначной системе. Снорм – специфичность к норме, Собщ – общая специфичность.

ми ДСА составила 95%, что было даже несколько выше результатов других исследований, согласно которым эта величина находится в диапазоне от 82 до 92% [6, 9, 12]. Недооценка степени стеноза была зарегистрирована при КТА в 5 случаях, а переоценка — в 3 случаях. Считается, что точность исследования для КТА и МРА в большей степени зависит от метода измерения, чем от параметров получения изображения [5, 11]. Точность определения степени стеноза зависит от расположения плоскости сканирования, используемой для получения увеличенных поперечных изображений, которая в оптимальном случае должна располагаться перпендикулярно сонной артерии.

Ряд авторов считает, что кальцинированная бляшка может стать препятствием к оценке результатов КТА [15]. Это ограничение возможно преодолеть при использовании многоплоскостной объемной реконструкции даже в случае кольцевых кальцинированных бляшек. С использованием этой технологии мы вначале получаем изображение заданной области в целом, включая кальцинированные участки. Затем, уменьшая степень объемной реконструкции, выводим четкое изображение остаточного просвета в области максимального стенозирования даже в том случае, если оно располагается вблизи зон интрамуральной кальцификации. В случае невозможности получения трехмерных изображений возможно использовать поперечные косые реконструкции. Таким образом, в настоящее время кальцинированные бляшки не являются препятствием к оценке результатов КТА.

МРА без контрастного усиления — безусловно, адекватный метод для оценки стеноза ВСА. Частота совпадений результатов с данными ДСА составила 91%. С его помощью клинически значимый стеноз и окклюзия ВСА определяются с хорошей степенью чувствительности и специфичности. В нашем исследовании при проведении МРА недооценка степени стеноза была зарегистрирована в 7 случаях. Только в 1 случае тяжелый стеноз, выявленный при ДСА, был расценен как умеренный при МРА, что могло привести к выбору нехирургической тактики лечения в случае, если бы МРА оказалась единственным методом диагностики. Ряд исследований показал, что при МРА имеется тенденция к переоценке степени стеноза [14, 16]. В нашей серии наблюдений переоценка степени стеноза при МРА была зарегистрирована в 13 случаях, когда она оказалась >75% и просвет сосуда не визуализировался (рис. 3), что произвольно расценивалось как тяжелый стеноз [13]. Эти артефакты могли стать причиной большой толщины срезов, что приводило к частичному объемному эффекту [10]. В случае, если степень стеноза >75%, потеря сигнала может быть объяснена техническими возможностями метода, например, влиянием изменений кровотока. Известно, что

уменьшенный вследствие стеноза кровоток приводит к замедлению тока крови и турбулентности и, как следствие, к «выпадению» сигнала, что подчас приводит к переоценке степени стеноза при МРА, особенно при исследовании стеноза в небольших сосудах [1].

Таким образом, КТА и МРА без контрастного усиления являются надежными и эффективными методиками, позволяющими оценить степень стеноза ВСА. КТА обладает рядом существенных преимуществ перед традиционной ангиографией, среди которых — точность результатов и меньшая по сравнению с ДСА инвазивность исследования, что подтверждается рядом других авторов [17]. Кроме того, КТА является методикой, позволяющей иметь надежные анатомические ориентиры за счет хорошей визуализации костных структур. К факторам, ограничивающим ее применение, относятся ионизирующее излучение и необходимость использования контрастного вещества. Трехмерная МРА без контрастного усиления является полностью неинвазивной и практически безопасной методикой. Ее основными ограничивающими факторами в данном случае являются наличие металла в теле пациента (кардиостимулятор и др.) и низкое пространственное разрешение, однако МРА позволяет быстро получить изображение артерий от дуги аорты до основания черепа [1].

Поскольку нами была выявлена тесная корреляция между результатами МРА без контрастного усиления, КТА и ДСА для определения степени стеноза сонных артерий, можно заключить, что первые две методики визуализации могут быть широко использованы для получения адекватной оценки стенозов сонных артерий и представляют собой корректную альтернативу ДСА, что находит свое подтверждение в проводившихся параллельно с нашими других исследованиях [6, 9, 12].

Внедрение в широкую клиническую практику КТ- и МР-ангиографических исследований, а также различных компьютерных программ обработки и реконструкции полученных данных, позволяет получить важную дополнительную информацию о состоянии магистральных артерий головы, а также дает возможность выбора адекватной диагностики и тактики лечения, проведение коррекции изменений сосудистого русла в результате ангиореакции, тромбоза, стентирования.

Использование новейшего программного и аппаратного обеспечения современных томографов позволяет надежно диагностировать практически все виды цереброваскулярной патологии, определять показания к дальнейшему лечению и осуществлять контроль за адекватностью выполненных манипуляций.

Список литературы

1. Беличенко О.И., Абрамова Н.Н., Терновой С.К. Магнитно-резонансная томо- и ангиография в диагностике поражений экстра- и интракраниальных артерий у больных с цереброваскулярными заболеваниями. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 1996; 41(6): 5–11.
2. Булыгин В.П. Представление неточных и слабовыраженных данных в инструментальных медицинских экспертных системах. В кн.: Актуальные проблемы медицины. М., 1993: 105–109.

3. Barnett H.J., Taylor D.W., Eliasziw M. et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis: North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. N. Engl. J. Med. 1998; 339: 1415–1425.
4. Eliasziw M., Streifler J.Y., Fox A.J. et al. Significance of plaque ulceration in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis: North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial. Stroke 1994; 25: 304–308.

5. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis: Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. *JAMA* 1995; 273: 1421–1428.
6. Hacklander T., Wegner H., Hoppe S. *et al.* Agreement of multislice CT angiography and MR angiography in assessing the degree of carotid artery stenosis in consideration of different methods of postprocessing. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2006; May-Jun., 30 (3): 433–42.
7. Hatsukami T.S., Ferguson M.S., Beach K.W. *et al.* Carotid plaque morphology and clinical events. *Stroke* 1997; 28: 95–100.
8. Ho V.B., Foo T.K. Optimization of gadolinium-enhanced magnetic resonance angiography using an automated bolus-detection algorithm. *Invest. Radiol.* 1998; 33: 515–523.
9. Lell M., Fellner C., Baum U. *et al.* Evaluation of carotid artery stenosis with multisection CT and MR imaging: influence of imaging modality and postprocessing. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2007; Jan., 28 (1): 104–10.
10. Levy R.A., Prince M.R. Arterial-phase three-dimensional contrast-enhanced MR angiography of the carotid arteries. *AJR Am. J. Roentgenol.* 1996; 167: 211–215.
11. MRC European Carotid Surgery Trial: interim results for symptomatic patients with severe (70–99%) or with mild (0–29%) carotid stenosis—European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. *Lancet* 1991; 337: 1235–1243.
12. Nael K., Villablanca J.P., Pope W.B. *et al.* Supraaortic arteries: contrast-enhanced MR angiography at 3.0 T—highly accelerated parallel acquisition for improved spatial resolution over an extended field of view. *Radiology* 2007; Feb., 242 (2): 600–9.
13. Remonda L., Heid O., Schroth G. Carotid artery stenosis, occlusion, and pseudo-occlusion: first-pass, gadolinium-enhanced, three-dimensional MR angiography— preliminary study. *Radiology* 1998; 208: 95–102.
14. Scarabino T., Carriero A., Magarelli N. *et al.* MR Angiography in carotid stenosis: a comparison of three techniques. *Eur. J. Radiol.* 1998; 28: 117–125.
15. Schwartz R.B., Jones K.M., Chernoff D.M. *et al.* Common carotid artery bifurcation: evaluation with spiral CT. *Radiology* 1992; 185: 513–519.
16. Slosman F., Stolpen A.H., Lexa F.J. *et al.* Extracranial atherosclerotic carotid artery disease: evaluation of non-breath-hold three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography. *AJR Am. J. Roentgenol.* 1998; 170: 489–495.
17. Vanninen R., Manninen H., Koivisto K. *et al.* Carotid stenosis by digital subtraction angiography: reproducibility of the European Carotid Surgery Trial and the North American. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2004; 15: 1635–1641.
19. Cronqvist M., Stahlberg F., Larsson E.M. *et al.* Evaluation of time-of-flight and phase-contrast MRA sequences at 1.0 T for diagnosis of carotid artery disease. I. A phantom and volunteer study. *Acta Radiol.* 1996; 37: 267–277.

Carotid artery stenosis: prospective comparison of CT, three-dimensional non-enhanced MR and digital subtraction angiography

I.S. Davydenko, M.V. Krotenkova, R.N. Konovalov, M.A. Piradov

Research Center of Neurology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

Key words: interna carotid artery stenosis, computed tomographic angiography, magnetic resonance angiography, digital subtraction angiography.

The aim of this study was a comparison of diagnostic efficacy of non contrast enhanced MR-angiography (MRA) and CT-angiography (CTA) with digital subtraction angiography (DSA) in patients with atherosclerotic lesions of internal carotid arteries. We examined 70 patients with stenosis of carotid arteries. A stenosis degree of more than 50% (assessed by DSA) was considered as hemodynamically significant. Besides neurological survey the examination of extracranial arteries was performed, which

included MRA, CTA and DSA. In each case we analysed a plane on which a degree of a stenosis was assessed as maximum. To characterize each modality we evaluated sensitivity, specificity and positive predictive value. A coincidence rate for CTA and DSA was 95%, for MRA and DSA – 89%. We can conclude that CTA and MRA can be use for an appropriate evaluation of stenosis of interna carotid arteries.