Федеральное государственное бюджетное учреждение

«НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ ХИРУРГИИ

им. А.Н. БАКУЛЕВА»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи

Мурадян Мушег Ваганович

ТРЕХМЕРНАЯ СЕЛЕКТИВНАЯ РОТАЦИОННАЯ АНГИОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИИ СОННЫХ АРТЕРИЙ

14.01.13 - Лучевая диагностика, лучевая терапия

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

Кандидат медицинских наук **Н.А. Чигогидзе**

Научный консультант:

Доктор медицинских наук,

академик РАН **Л.А.Бокерия**

Москва - 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ……..4

ВВЕДЕНИЕ……7

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ……...12

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ……...29

2.1. Клинический материал……..…..…29

2.2. Методы исследований…….30

2.2.1. Ультразвуковое обследование сонных артерий……..30

2.2.2. Ангиографическое исследование……...31

2.3. Статистические методы……..35

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ……36

3.1. Технические основы метода 3D ротационной ангиографии…….36

3.2. Сравнение методов ангиографической диагностики ДСА и 3D РА……39

3.2.1. Математическое моделирование и анализ интерпретации результатов степени стеноза артерии……39

3.2.2. Сравнение данных поражения сонных артерий полученных методами 3D РА и ДСА……...……...45

3.2.3. Сравнение данных лучевой нагрузки и объема контрастного средства в диагностике поражений сонных артерий…….…….55

Клинический пример 1……...61

Клинический пример 2……...67

Клинический пример 3……...71

3.2.4. Сравнение данных поражения сонных артерий полученных методами 3D РА и УЗИ…….....74

3.3. Алгоритм диагностики поражения сонных артерий.....80

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ……82

ЗАКЛЮЧЕНИЕ……...……89

ВЫВОДЫ…..……92

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ……..93

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……..…94

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.

3D РА – трехмерная ротационная ангиография

АГ – ангиография

АКГ – ангиокардиография

АСБ – атеросклеротическая бляшка

БЦА – брахиоцефальные артерии

БЦС – брахиоцефальный ствол

ВСА – внутренняя сонная артерия

ДСА – дигитальная субтракционная ангиография

ДЭП – дисциркуляторная энцефалопатия

ИБС – ишемическая болезнь сердца

КАС – каротидная ангиопластика со стентированием

КДО – конечный диастолический объем

КИН – контраст-индуцированная нефропатия

КСО – конечный систолический объем

КТ – компьютерная томография

КТА – компьютерная томографическая ангиография

КЭА – каротидная эндартерэктомия

МЖП – межжелудочковая перегородка

МРА – магнитно-резонансная ангиография

МРТ – магнитно-резонансная томография

НК – недостаточность кровообращения

НСА – наружная сонная артерия

ОНМК – острое нарушение мозгового кровоснабжения

ОПН – острая почечная недостаточность

ОПП – острое повреждение почек

ОСА – общая сонная артерия

ПА – позвоночная артерия

ПЖ – правый желудочек

ПкА – подключичная артерия

ПКА – правая коронарная артерия

ПМА – передняя мозговая артерия

РБ – радиационная безопасность

РДСА – ротационная дигитальная субтракционная ангиография

СА – сонная артерия

СД – сахарный диабет

СК – сывороточный креатинин

СКФ – скорость клубочковой фильтрации

СМА – средняя мозговая артерия

СН – сердечная недостаточность

ТИА – транзиторная ишемическая атака

ТЛБАП – транслюминальная баллонная ангиопластика

УЗДГ – ультразвуковая допплерография

УЗИ – ультразвуковое исследование

УО – ударный объем

ФВ – фракция выброса

ФК – фиброзное кольцо

ФК – функциональный класс

ЦВБ – цереброваскулярные болезни

ЦДС – цветное дуплексное сканирование

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЭКГ – электрокардиография

ЭхоКГ – эхокардиография

Caud – каудальная ангуляция

Cran – краниальная ангуляция

DAP – произведение поверхностной поглощенной дозы на площадь

LAO – левая косая проекция

PA – прямая или переднезадняя проекция

RAO – правая косая проекция

t_c – время сканирования

$t_з$ – время задержки рентгенографии

v – скорость введения контрастного средства

$V_{кс}$ – объем контрастного средства

ВВЕДЕНИЕ

Нарушения мозгового кровообращения, такие как ишемический инсульт, представляют собой серьезную угрозу для здоровья человека. Одним из ведущих последствие перенесенного инсульта является длительная недееспособность населения [32, 79, 114, 123]. Данные летальности от инсульта колеблются от 25 до 30% [89]. У пациентов перенесших ишемический инсульт риск развития повторного ишемического эпизода, такого как инфаркт миокарда и повторный инсульт, и смерти возрастает [2, 100]. Причиной трети всех инсультов является атеросклероз сосудов головного мозга, особенно бифуркации общей сонной артерии, и составляет примерно 20% всех инсультов. В 80% случаев эти события могут происходить без предшествующей клинической симптоматики. Учитывая этот факт, возникает необходимость проведения превентивного обследования пациентов групп риска [30, 59, 73]. Рост атеросклеротической бляшки может развиваться стремительно, медленно или оставаться стабильной в течение многих лет. Окклюзионные поражения сонных артерий, которые не были подвергнуты хирургическому лечению, дают от 5 до 12% новых инсультов [2, 30, 32, 79, 89, 100, 114, 121, 123].

В Российской Федерации, несмотря на выраженную тенденцию к снижению смертности населения от цереброваскулярных болезней (ЦВБ), которые остаются одной из главных ее причин [1, 2]. Заболеваемость ЦВБ в нашей стране в 2010 году составила 6058,9 случаев на 100 тыс. взрослого населения, из них 734,2 впервые выявленных. Количество инфарктов мозга в 2010 году составило 198 случаев на 100 тыс. взрослого населения. Инфаркт мозга в структуре первичной заболеваемости составляет в среднем 27% и является одной из главных причин инвалидизации [2].

Количество оперативных вмешательств на артериях, кровоснабжающих головной мозг, неуклонно увеличивается, и к 2010 году достигло в Российской Федерации почти 18 тысяч [2].

Определение показаний к лечению пациентов с каротидными стенозами (КС) обычно основывается на анализе пяти различных аспектов [2]:

1. неврологическая симптоматика;
2. степень стеноза сонной артерии;
3. процент осложнений и интраоперационная летальность;
4. особенности сосудистой и местной анатомии;
5. морфология бляшки сонной артерии.

Рентгеноконтрастная ангиография до сих пор остается «золотым стандартом» в диагностике поражений артерий. Развитие ангиографического метода осуществлялась на протяжении многих десятилетий с начала 20 века. Совершенствование ангиографии было тесно связано с развитием технического оснащения рентгенооперационных и с возможностями хирургов, предъявлявших к предоперационной диагностике все более высокие требования. В настоящее время ангиография завоевала всеобщее признание благодаря возможности получения достоверных данных о степени стеноза и анатомии сонных артерий.

Однако, инвазивность процедуры, наличие «плоскостной» картины изображения и осложнения связанные с хирургическим доступом, реакцией на контрастное средство, стали причиной поиска альтернативных лучевых методов диагностики. Среди неинвазивных методов диагностики цветовое дуплексное сканирование (ЦДС) артерий имеет наибольшее значение в диагностике и определении показаний и тактики хирургического лечения на каротидной бифуркации. Тем не менее, интерпретация результатов

ультразвуковой диагностики достаточно субъективна, что может привести к ошибке в определении анатомии и степени стеноза сонных артерий. Кроме того, качество проводимого исследования напрямую зависит от технических характеристик используемого оборудования. Развитие новых технологий в начале 80-х годов позволило внедрить в практику магнитно-резонансную (МРТ) и компьютерную томографию (КТ). В настоящее время, для определения показаний и тактики хирургического лечения важное значение имеют и современные высокотехнологичные нейрорадиологические методы — КТ-ангиография, МР-ангиография. Эти методы позволяют оценить структурные изменения в сосудистой стенке, проводить количественный и функциональный анализ кровотока в сосудистом русле.

Сегодня стало возможным применение в клинике трехмерной селективной ротационной ангиографии, которая является одним из современных перспективных направлений в рентгенохирургии. Это метод позволяет получать трехмерные модели исследуемого сосуда из стандартных серий ангиограмм, полученных при вращении рентгеновской трубки. Трехмерная модель предоставляет собой истинное отображение сосудистого русла, что позволяет исключить ошибочную интерпретацию длины и положения сосуда, которая может возникнуть при двухмерном изображении [25, 66, 119].

Исходя из вышеизложенного, основной **целью** настоящей работы явилось определение возможностей трехмерной селективной ротационной ангиографии в диагностике патологии сонных артерий у больных с нарушением мозгового кровообращения в аспекте выбора хирургического лечения.

Задачи исследования

1. Определить диагностическую ценность применения трехмерной ротационной селективной ангиографии сонных артерий у больных с нарушением мозгового кровообращения в аспекте выбора тактики хирургического лечения.
2. Провести сравнительную оценку диагностической эффективности трехмерной селективной ротационной ангиографии с общепринятым методом дигитальной субтракционной ангиографии у больных с патологией сонных артерий.
3. Сравнить диагностическую эффективность трехмерной селективной ротационной ангиографии и ультразвукового исследования у больных с патологией сонных артерий.

Научная новизна и практическая значимость

В отечественной литературе до сих пор не представлены данные о возможности получения достоверной информации о состоянии сонных артерий с помощью метода трехмерной селективной ротационной ангиографии, что может иметь важное значение при определении дальнейшей тактики хирургического лечения больных с нарушением мозгового кровообращения.

Впервые на клиническом материале показано, что трехмерная селективная ротационная ангиография является более информативной, чем традиционная дигитальная субтракционная ангиография и позволяет исключить суперпозицию рентгеноконтрастных теней, добиться их достоверной дифференциации, выполнить качественный и количественный анализ объектов, что способствует адекватному выбору тактики лечения больных с поражением сонных артерий.

Определен алгоритм ангиографической диагностики у больных с поражением сонных артерий и впервые выведена формула расчета объема контрастного средства для селективного введения в сосудистое русло.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Ишемический инсульт является, одной из ведущих причин острых нарушений мозгового кровообращения (ОНМК), которые занимают одно из первых мест в ряду причин инвалидизации и смертности населения в России и в большинстве развитых стран [4, 15, 17, 18]. Основное место среди окклюзирующих поражений магистральных артерий головного мозга занимает атеросклеротическое поражение экстракраниальных отделов внутренней сонной артерии (ВСА) [4, 10]. Риск инсульта непосредственно связан со степенью выраженности стеноза и структурой атеросклеротической бляшки (АСБ) [17, 37], в связи с этим актуальной проблемой является своевременная диагностика гемодинамически значимых стенозов внутренней сонной артерии и выбор оптимального метода лечения [11, 17, 18]. Однако, до сих пор не существует единого мнения о диагностической точности методов, особенно для стеноза в диапазоне от 50% до 75%, при котором разница между пользой и риском от проведения хирургического вмешательства значительно меньше, чем при стенозе 70% и более [124 - 126]. Понимание информативности методов ангиовизуализации позволит правильно подобрать алгоритм обследования, минимизировать количество применяемых методик и снизить риск для здоровья пациента [14].

Летальность от инсульта колеблется от 25 до 30% [90], а у выживших остается высокий риск развития повторного ишемического эпизода, такого как повторный инсульт и инфаркт миокарда [2, 101]. Риск инсульта увеличивается с каждым десятилетием жизни, и в пожилой популяции недееспособность населения будет возрастать [2].

Современные методы лечения имеют целью замедлить прогрессирование болезни и защитить пациента от развития инсульта. Применение антиагрегантов уменьшает вероятность инсульта, а статины

оказывают стабилизирующее действие на атероматозную бляшку. От 5 до 12% новых инсультов возникают у больных с окклюзионными заболевания сонных артерий, которые не были подвергнуты хирургическому лечению [2, 30, 60, 74, 117]. Эффективность каротидной эндартерэктомии (КЭА) в предупреждении инсультов у пациентов с атеросклерозом бифуркации сонной артерии достоверно установлена [26, 113]. В настоящее время КЭА является стандартом в реваскуляризации головного мозга, тогда как сравнимая с КЭА эффективность и безопасность каротидной ангиопластики со стентированием (КАС) не может считаться абсолютно доказанной. На сегодняшний день признана необходимость снижения риска операций и специальной аккредитации специалистов и учреждений, дающей право лечить заболевания экстракраниальных артерий [93, 105] и улучшения результатов медикаментозного лечения, КЭА и КАС.

Серией зарубежных многоцентровых исследований (NASCET, ESCT - суммарно более 3000 пациентов) доказано преимущество хирургического метода лечения в сравнении с консервативной терапией у пациентов с ишемическими инсультами, развившимися вследствие стенозов внутренней сонной артерии (ВСА) более 70% [49, 61, 87]. Особо важное значение при определении показаний к хирургическому лечению имеют как ультразвуковые методы диагностики, так и современные высокотехнологичные нейрорадиологические методы - КТ-ангиография и МР-ангиография с возможностью визуализации структурных изменений в стенке сосудов, количественной и функциональной оценки кровотока в сосудистом русле.

Данные литературы подтверждают, что совместное использование двух неинвазивных методик (обычно сочетания ЦДС с МРА или КТА) позволяет избежать использования рентгеноконтрастной ангиографии. Однако даже при использовании двух методик недостаточно точное определение степени и протяженности стеноза наблюдалось почти у 20% больных. В случае противоречий в данных исследований или для уточнения деталей, а главное -

оценки состояния коллатерального, компенсаторного кровообращения и показаний для выбора тактики хирургического лечения, необходимо проведение рентгеноконтрастной ангиографии [2, 40].

Первое сообщение о рентгеноконтрастной ангиографии кровеносных сосудов появилось в 1896г. В Вене E.Haschek и O.T. Lindenthal получили рентгеновское изображение кровеносных сосудов, введя смесь нефти, негашеной извести и сульфид ртути в руку трупа [71].

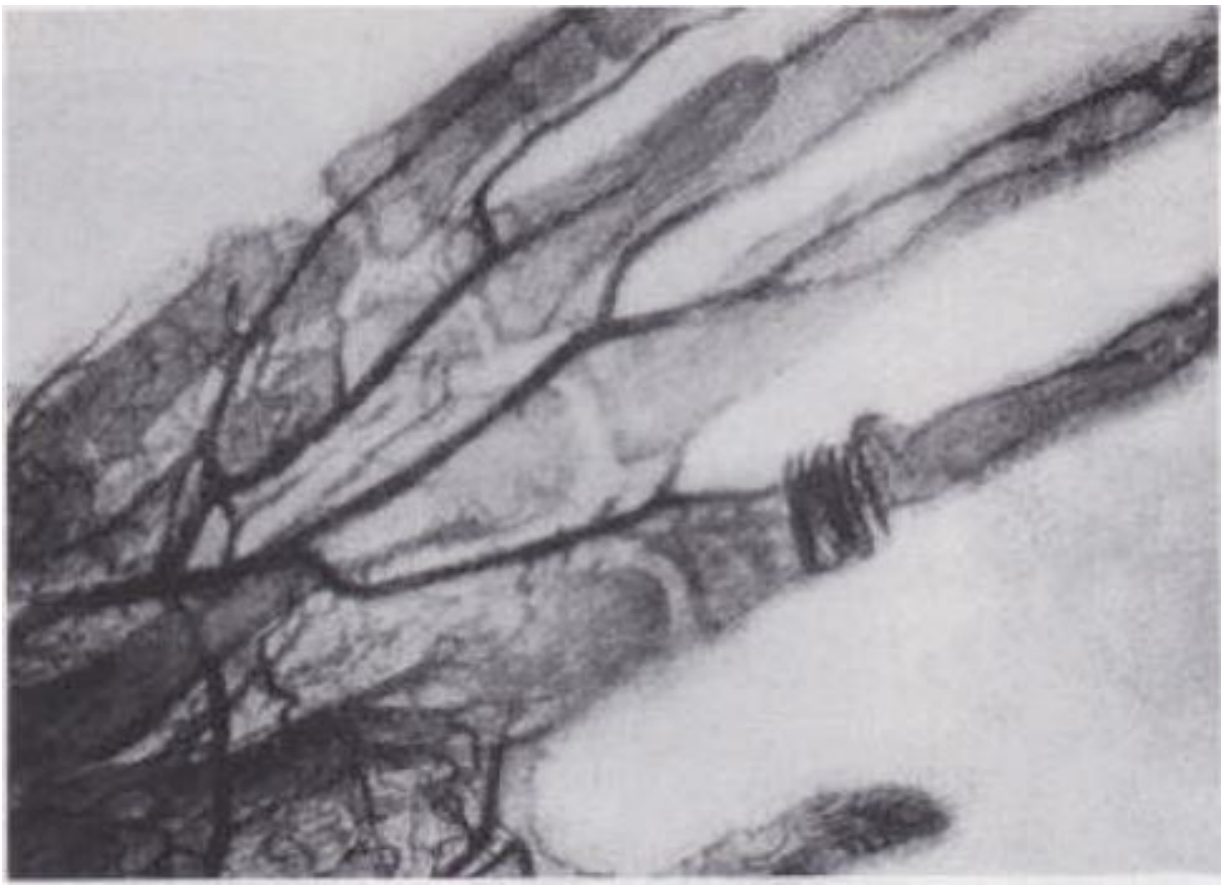


Рис. 1. Ангиография артерий ампутированной руки после введения микстуры Тейчмана. (E.Haschek и O.T. Lindenthal, 1896г.).

António de Egas Moniz, португальский невропатолог, внедрил в медицину церебральную ангиографию.

Рис. 2. António de Egas Moniz, португальский невропатолог.

E. Moniz интересовался развитием «артериальной энцефалографии», как методом диагностики опухоли головного мозга. Он получил церебральные ангиограммы на трупах, используя раствор бромида стронция и йодида натрия. Эти ранние исследования продемонстрировали универсальные рисунки ветвящихся внутричерепных артерий, которые противоречили популярным теориям, основанным на исследованиях трупов. После

выполнения таких исследований на собаках и обезьянах, E.Moniz и его ученик Almeida Lima выполнили первую ангиограмму на живых людях в 1927г. [81].

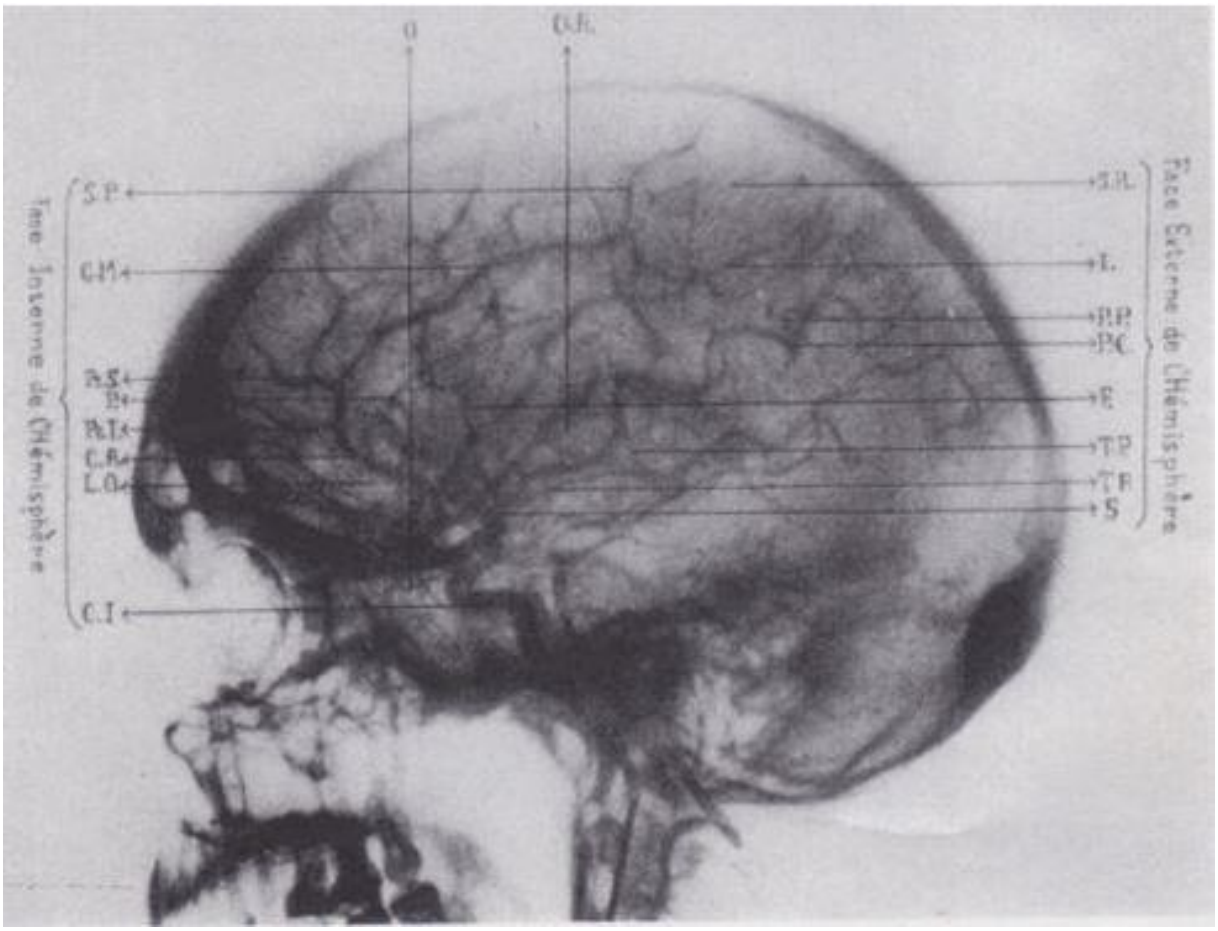


Рис. 3. Церебральная ангиография (E. Moniz, 1928 г.) [91].

Начальные попытки чрезкожного введения бромида стронция не выявило контрастирования сосудов [38]. В более поздних попытках, шейный отдел внутренней сонной артерии выделяли хирургическим путем с временным наложением лигатуры и введением в артерию приблизительно 5 мл 25%-го раствора йодида натрия. Кровоток в артерии восстанавливали, одновременно получая рентгеновское изображение. После девятой попытки была получена успешная визуализация сосудов. E. Moniz с восторгом объявил: «Nous avons realise notre desideratum» - «Теперь это - то, что мне нужно» [38].

Хотя никаких осложнений не наблюдалось во время выполнения процедуры, один пациент умер спустя два дня во время эпилептического припадка [95].

В 1924 г. была опубликована работа С.А.Рейнберга, проведенная в лаборатории рентгеноангиографии Ленинградского Государственного рентгенологического, радиологического и ракового института. Автором была реализована прижизненная венография с использованием бромистого стронция, «доминала Х» [16]. Первое же ангиографическое исследование периферических артерий у человека в СССР было произведено в 1930 г. В.В. Крестовским [9]. Неоценимый вклад в изучение сердечно-сосудистой системы методом контрастного исследования внесли работы А.Е. Плутенко и П.Н. Мазаева, проводившие эксперименты по катетеризации и контрастированию полостей сердца и магистральных сосудов с изучением их строения и функции на животных и на трупах [7].

E. Moniz продолжал получать успешные ангиограммы у других пациентов с эпилепсией, опухолями головного мозга и постэнцефалическим Паркинсонизмом [86]. Первые церебральные венограммы был получены в 1931 г., когда непреднамеренная задержка фотографирования ангиографической пластины привела к изображению венозной ангиографической фазы, которую E.Moniz назвал “церебральной флебограммой".

Технику полностью развили в 1930-х гг. К тому времени церебральная ангиография включала прямую чрезкожную пункцию общей сонной артерии и введение йодированных органических контрастных веществ [92]. Несмотря на большое количество публикаций о церебральной ангиографии, в последующее десятилетие, многие из которых сделаны самим Эгасом Монизом, церебральная вентрикулография и энцефалография остались более популярными, как методы визуализации внутричерепной патологии [43]. E. Moniz получил Нобелевскую премию в области Физиологии и Медицины в 1949 году за его работу по лейкотомии при психических расстройствах,

известную на сегодняшний день как лоботомию, которая, в отличие от церебральной ангиографии, получила более раннее и широкое распространение в медицине и была принята медицинским сообществом [44, 85].

Популярность церебральной ангиографии действительно значительно возросла к 1950-м гг., становясь главным методом для изображения сосудов головного мозга. Нейрохирург Gazi Yasargil выполнил приблизительно 10,000 ангиограмм между 1953 и 1964 гг. [43]. Прямая чрезкожная пункция общей сонной артерии осталась основной техникой для церебральной ангиографии в 1950-х и 1960-х гг. О прямой пункции позвоночной артерии сообщено в 1956г. [106]. Для визуализации задних мозговых артерий выполнялась пункция правой плечевой артерии с ретроградным введением контрастного средства в позвоночную артерию [63, 82]. Переход от прямой пункции сонных артерий к трансфеморальному доступу начался в конце 1960-х гг. [72] и стал широко распространенным в 1970-х гг.

Введение компьютерной томографии (КТ) в начале 1970-х гг. резко снизило спрос на диагностическую ангиографию, хотя область продолжала развиваться из-за появления интервенционной кардиологии и других интервенционных областей. Метризамид, введенный в 1970-х гг., был первым неионогенным изоосмолярным йодированным контрастным средством. Неионогенные контрастные средства значительно повысили уровень безопасности и комфорта ангиографических процедур [70].

С 1990 гг. благодаря объединению рентгенографической техники с электронной и применению принципов субтракции («вычитания») и усиления изображения, стало возможным дальнейшее совершенствование метода визуализации сосудов, который получил название дигитальной субтракционной ангиографии (ДСА). Метод основан на внутривенном или внутриартериальном введении небольших доз контрастного вещества и усилении изображения контрастирования сердца и сосудов за счет

компьютерной обработки и субтракции (исключения) неконтрастированных изображений объектов, не имеющих диагностической ценности - скелета, мягких тканей [6]. Ангиографическая картина при ДСА отличается своеобразием, так как отсутствует изображение окружающих тканей, прежде всего костей скелета. Это обстоятельство требует определённых навыков при интерпретации ангиограмм. Однако ангиографические симптомы заболеваний остаются неизменными [3].

Следующим этапом развития эндоваскулярной диагностики стало исследование сосудов различных областей принципиально новым методом - ротационной ангиографией [50, 83, 104, 123].

Впервые ротационная ангиография артерий головного мозга была предложена G.Cornelis с соавторами в 1972г. [42], а уже в 1975г. она была введена в клиническую практику K.Voigt et al. [123]. Таким образом, первые системы для ротационной ангиографии применяли, главным образом, в нейрорадиологии [111, 112]. Основным принципом данного метода было выполнение непрерывной рентгенографии с одновременным вращением рентгеновской трубки вокруг исследуемого объекта с регистрацией получаемых рентгеновских изображений в течении всего времени вращения источника излучения [42]. Для получения качественного ротационного изображения исследуемого сосуда, контрастное средство вводится при помощи автоматического шприца-инжектора с заданной скоростью во время заполнения объекта исследования и вращения рентгеновской трубки [123]. Полученные при ротационной ангиографии изображения контрастированных сосудов представляет собой множество ангиографических изображений объекта исследования, выполненных в последовательных, множественных проекциях [42, 116, 123].

Следующим этапом технического совершенствования ангиографического оборудования стало объединение ротационной

ангиографии с дигитальной субтракционной ангиографией. При ротационной дигитальной субтракционной ангиографии (РДСА) рентгеновская трубка вращается вокруг объекта интереса и первом вращении снимается «маска». Повторная ротация рентгеновской трубки вокруг области интереса сопровождается введением в сосудистое русло контрастного вещества с одновременной записью получаемого ангиографического изображения. На этом же этапе из полученной ангиографической картины в масштабе реального времени вычитается первоначально снятая «маска». В результате, дигитальное субтракционное ангиографическое изображение объекта с иллюзией ротации последнего в заданном угловом диапазоне можно анализировать на мониторе тотчас после окончания съемки [8, 54].

Для выполнения РДСА исследователем выбираются определенные значения таких параметров процедуры, как угловой диапазон ротации («старт» и «конец» движение в градусах), угловая скорость ротации (количество градусов в секунду), направление ротации, плоскость ротации, углы наклона плоскостей ротации, матрица для регистрации изображения, скорость регистрации изображения, время задержки начала регистрации относительно начала инъекции контрастного средства, объем и скорость введения контрастного средства [8, 110].

Обработанное компьютером изображение представляет собой последовательность множества отдельных изображений контрастированных сосудов, каждое из которых получено при рентгенографии объекта исследования под определенным углом. Количество этих изображений (проекций), их качество диагностики находится в сложной зависимости от вышеперечисленных параметров режима ротации [8, 33, 62]. Последовательный непрерывный просмотр всех проекций контрастированного объекта, полученных при одной ротационной процедуре, создает псевдостереовизуальную картину, когда изображение объекта исследования «разворачивается» перед исследователем на экране монитора в заданном

угловом диапазоне. Возможен покадровый анализ полученных изображений [8, 83].

С 90-х годов прошлого столетия многими исследователями велась работа по усовершенствованию ротационной ДСА, как моноплановой, так и биплановой, а также в развитии стереоскопической ангиографии [24, 28, 39, 56, 83, 107]. В 1991г. T. Kumazaki предложил прототип ротационной цифровой ангиографической системы, которую автор преподнёс врачебному сообществу как «аппарат компьютерной динамической стереографии» [83]. Основными особенностями нового ангиографического комплекса были новый цифровой процессор, обеспечивающий выполнение ротационной цифровой ангиографии, и усовершенствованная конфигурация компьютера, который был интегрирован в ангиографическую систему. Основными задачами выполняемыми этой системой были высокоскоростная ротация рентгеновской трубки в поперечной плоскости с серийной круговой рентгенографией и дисплеями для бинокулярного стереографического изображения. Трехмерное изображение объекта обеспечивалось двумя специальными системными дисплеями, установленными рядом, с разницей поворота друг к другу в 5°. При анализе результатов исследования скорость движения изображений на дисплеях обеспечивалась двумя электронно-лучевыми трубками таким образом, что при осмотре у исследователя создавался оптический эффект трехмерного изображения объекта [83].

Развитие компьютерных технологий позволило внедрить в клиническую практику принципиально нового качественного уровня получения и обработки ангиографических изображений. В 1997 г. R. Fahrig с соавторами впервые использовали в клинике компьютерную ротационную ангиографию [56]. В предложенной системе генерируется реальное 3D - изображение сосудов (непсевдостереовизуальный эффект) на основании компьютерной реконструкции данных каждой из множества проекций объекта, полученных

при обычной РДСА [57]. Данные РДСА передаются на специальную рабочую станцию, с возможностью обработки и анализа полученного изображения.

Тогда же появилось множество работ целью которых являлось определение диагностических возможностей 3D ротационной ангиографии (3D РА) в выявлении выраженных стенозов ВСА по сравнению с обычной ДСА. Так в работе Otto E.H. Elgersma and al.(1999) подчеркивается, что метод ДСА при исследовании поражения ВСА имеет ограничения по сравнению с ротационной ангиографией (РА). Ученые выполнили ротационную ангиографию 47 пациентам в дополнение к обычной ДСА и у 38 пациентов со стенозами ВСА. Степень стенозов вычислялась независимо, по критериям NASCET. Степени стенозов были классифицированы следующим образом от 0%-29%, 30-49%, 50-69% и 70-99%. В результате авторы выявили, что в 3 случаях метод РА был неинформативен, в 28 из 44 случаев, степень стеноза была идентична степени стеноза вычисленной методом ДСА. Однако в 15 артериях степень стеноза была выше на 1 категорию, а критические стенозы, относящиеся к категории от 70-99%, были выявлены методом ДСА в 28 артериях, а методом РА в 25 артериях. Таким образов авторы заключили, что ротационная ангиография лучше выявляет выраженные стенозы, чем ДСА и тем самым оптимизируют метод лечения каротидных стенозов [96].

Однако в тоже время по данным J. Biederer и соавтор. (1999) в 79 случаях из 82 при диагностике ВСА методом РДСА, авторы получали изображение достаточное для оценки степени стеноза, а в 58 из 82 случаях, качество изображения соответствовало стандартам обычной ДСА. Соответственно, специфичность и чувствительность метода РДСА составила 100% и 94 %. При этом в 7 случаях из 79 РДСА выявил большую степень стеноза и в 3 из 79 меньшую степень стеноза, по сравнению с обычным ДСА. Тем не менее, учитывая отсутствие значимой разницы в оценке степени стеноза и лучевой нагрузки между этими методами, авторы рекомендовали РДСА как дополнительный метод к стандартному протоколу диагностики ВСА [29].

Современная 3D - ротационная ангиография позволяет получить реконструкцию 3D - изображения исследуемого сосуда с высоким качеством разрешения [54, 55, 65]. Рабочая станция позволяет просматривать и вращать полученное 3D - изображение в интерактивном режиме, а также выполнять точные морфометрические измерения 3D - модели, необходимые при эндоваскулярных вмешательствах, в режиме реального времени [52, 53, 54, 107].

Исследователи отмечали очень высокую точность измерений диаметра артерий методом 3D - ротационной ангиографии [107]. В настоящее время ангиографическое исследование сосудов, в частности 3D РА, продолжает совершенствоваться. Если в 2000 г. для реконструкции трехмерного изображения сосудов 2D - ангиограммам, полученного при 3D РА, требовалось до 20-30 минут [89], то уже в 2001 г. рабочая станция выполняла эту работу за 8 минут [107]. В настоящее время современные рабочие станции позволяют выполнять реконструкцию 3D - изображения менее чем 1-2 минуты.

Метод трехмерной ротационной ангиографии войдя в практику в конце 1990-х годов [23, 56] получил признание метода выбора в интервенционном исследовании внутричерепных аневризм и артериовенозных мальформаций [78, 98, 109, 118].

В литературе описаны данные сравнения DSA и 3D РА изображения интракраниальных аневризм, и авторы сообщают о существенном приоритете последней техники [22, 79, 109]. Эти сравнения направлены на выявление аневризм в процентном отношении, а также определении формы аневризмы, местоположения шейки и отношение к артерии, от которой она образовалась.

W.J. van Rooij и соавт. (2008) назвали 3D РА новым «золотым стандартом» в диагностике интракраниальных аневризм особенно малого диаметра. Авторы заключили, что 3D РА выявляет значительно больше

мелких (менее 3мм) аневризм, чем ДСА и у избранных пациентов это может иметь значение в выборе тактики метода лечения [121].

W. Brinjikji и соавт. (2009) в своей работе при диагностике интракраниальных аневризм выявили статистически значимые различия между методами ДСА и 3D РА, при измерении отношения длинника аневризмы к ее шейке и пришли к выводу, что метод 3D РА уступает ДСА в аспекте диагностики аневризм и методов лечения [36].

В литературе описан пример выполнения 3D РА позвоночных артерий при одновременном введении контрастного средства в обе позвоночные артерии. J.F. Reavey-Cantwell и соавт. (2005) выполнили такую диагностику в связи с недостаточной анатомической детализацией аневризмы вертебробазилярного соединения, связанной с фенестрацией, при выполнении 3D РА позвоночной артерии только с одной стороны. Учитывая тот факт, что и МРТ не дало достаточной информации, одновременная двусторонняя 3D - ротационная ангиография позвоночных артерий может обеспечить наиболее полезную анатомическую детализацию, готовясь к эндоваскулярному вмешательству, особенно при таких редких и сложных аневризмах вертебробазилярного соединения [100].

Подобный пример описан Song JK и соавт. (2004). Однако в этом примере авторы выполнили 3D РА с одновременным введением контрастного средства в обе ВСА у пациента с разрывом аневризмы передней соединительной артерии в сочетании с вазоспазмом. Авторы сошлись во мнении, что в оценке сложных аневризм, эта техника может облегчить выбор оптимальных проекций для безопасной эмболизации аневризм [108].

О преимуществах 3D ангиографии по сравнению с ДСА в качестве контроля качества хирургического лечения, на предмет субарахноидального кровотечения и остаточных явлений после клипирования интракраниальных аневризм, говорит в своей работе Hyun-Seung Kang и соавт. (2004) [76].

Atul Gupta и соавт. (2009) подчеркивает, что трехмерная модель представляет истинное отображение анатомии сосудистого русла, что исключает ошибочную интерпретацию длины и положения сосуда, которая может возникнуть при двухмерном изображении, КТ и МРТ. Автор сообщает о примерах и преимуществах 3D РА в диагностике и лечении, артериовенозных мальформаций, особенно мальформации затрагивающие маточные артерии, при стентировании подвздошных артерий, эмболизации артерий питающих фиброзную опухоль матки, трансартериальную хемоэмболизацию других опухолей, о неоценимой помощи при удалении фильтров из нижней полой вены и даже у пациентов с травмами, улучшая визуализацию отношений между инородными телами и сосудистыми структурами [66].

Оценивая 3D - ротационную ангиографию с возможностью 3D - навигации для выполнения эндоваскулярного вмешательства, а также использования для этих целей данных компьютерной и магнитно-резонансной томографии (КТ и МРТ) отметила Вишнякова М.В. и соавт. (2011). В своей работе авторы представляют свой первый опыт использования методики 3D - навигации для лечения сосудистых заболеваний различных бассейнов. И заключили, что применение технологии 3D - навигации с использованием данных 3D РА, КТ и МРТ помогает хирургу, лучше подготовится к предстоящей операции, так как перед непосредственным вмешательством позволяет более детально изучить анатомию интересующего участка, выбрать наиболее удобную проекцию для работы. Во время самого интервенционного вмешательства появляется уникальная возможность, манипулировать эндоваскулярным инструментом внутри интересующего нас сосуда полностью оценивая его взаимоотношение со стенкой сосуда без введения контрастного средства. Особенно важно сокращение рентгеновского времени и самой операции, а также уменьшение, а иногда и полный отказ от

использования контрастного средства при использовании КТ и МРТ данных для 3D - навигации [5].

Derek E. Hyde и соавт (2004) в результате исследования 26 больных и выполненных ангиографий 42 пациентам с поражением ВСА методом 3DPA и ДСА, с целью сравнения степени стенозов, выявили различие в степени стеноза в 1,2%, что было статистически не значимым. Авторы заключили, что 3D РА обеспечивает вычисление степени стеноза эквивалентную степени стеноза вычисленную при выполнении методом ДСА [46].

В 2005г. Beth A. Schueler и соавт. выполнили исследование с целью сравнить лучевую нагрузку при 3D РА и ДСА. Авторы измеряли пиковую кожную и кумулятивную дозу лучевой нагрузки выполнив 40 серий ДСА и 3D РА на фантоме черепа. Для выполнения 3D РА рентгеновская трубка вращалась на 200°, выполнялось две ротации, одна для получения маски изображения и вторая с введением контраста. ДСА выполнялась в двух стандартных проекциях прямой и боковой. В результате пиковая кожная доза лучевой нагрузки при 3D РА составила 15 мГр, и 58 мГр при ДСА. Кумулятивная доза лучевой нагрузки при 3D РА составила 33мГр и при ДСА соответственно 53 мГр. Авторы заключили, что лучевая нагрузка для пациента значительно ниже при 3D РА по сравнению с ДСА, а именно пиковая кожная доза меньше в 4 раза и кумулятивная доза меньше на 40% , чем при ДСА [27].

Только в 2008г. Virginia Tsapaki и соавт. представили результаты сравнения лучевой нагрузки при выполнении 3D РА и ДСА сонных артерий. Изучение 35 пациентов показало, что лучевая нагрузка при 3D РА составила 112 Gy*cm2 и 41 Gy*cm2 при ДСА соответственно, среднее время рентгеноскопии составило 8,2 минут и 5,1 минут. Авторы констатировали, что 3D РА позволяет существенное сократить дозу лучевой нагрузки по сравнению с ДСА, предоставляя необходимую диагностическую информацию [119].

В нашей стране свой опыт применения современной трехмерной ротационной рентгеноконтрастной ангиографии представил Н.Н. Малиновский и соавт. (2011). Авторы изучили трехмерные изображения коронарных артерий у 76 пациентов, сосудов головы - 27, дуги аорты и ее ветвей - 42, почечных артерий - 36, инфраренального сегмента аорты - 48, артерий таза и нижних конечностей у 32 пациентов. Построение трехмерных моделей выполняли при сложности интерпретации стандартного изображения, невозможности изучения сосуда, проведении коронарного и периферического виртуального стентирования (при сложностях выбора стента). По их данным, результаты количественного анализа, проводимого при трехмерной ротационной ангиографии, в 90% наблюдений совпали с результатами рутинного ангиографического исследования. При этом в 10% наблюдений расхождения были минимальными: при оценке сосудов крупного калибра расхождение составило - 1-2 мм, а при оценке коронарных артерий - сотые доли миллиметра. В 30% наблюдений патологические изменения были выявлены при проведении 3D РА, тогда как при рутинной ангиографии в стандартных проекциях они были не видны. Авторы пришли к выводу, что трехмерная рентгеноконтрастная ротационная визуализация сосудов позволяет провести наиболее полный анализ сосудистого русла и дает возможность провести с высокой точностью необходимые измерения в условиях операционной и при необходимости выполнить баллонную ангиопластику и стентирование, использовать значительно меньшее количество контрастного средства, уменьшить дозу облучения пациента и персонала, сократить время исследования, определить тактику предстоящих эндоваскулярных и общехирургических вмешательств в предоперационном периоде [11].

Несмотря на признание многими специалистами 3D РА одним из современных методов в рентгенохирургии для диагностики и лечения интракраниальных аневризм, количество публикаций, по теме 3D РА сонных

артерий достаточно ограничены в зарубежной и, особенно в отечественной литературе. В связи с этим нам представляется важным изучение возможности применения трехмерной ротационной ангиографии и определения ее диагностической ценности для исследования сонных артерий.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Клинический материал

В период с 2013 по 2015 год в исследование поражений сонных артерий вошло 79 пациентов, обследованных на базе НЦССХ им. А.Н. Бакулева в отделении рентгенхирургических, электрофизиологических методов исследования, лечения и апробации новейших технологий.

Средний возраст обследуемых больных в исследуемой группе составил 62,2 года (стандартное отклонение 5,9; от 37 до 78 лет). Лица мужского пола составили 57 (72,2 %) и женского пола - 22 (27,8 %).

Основанием для постановки диагноза являлись - клиническая картина, анамнез, данные объективного обследования и клинико-инструментальных исследований. При оценке неврологического статуса мы придерживались классификации А.В. Покровского (1976) [2].

У 78,5% больных в анамнезе перенесенное нарушение мозгового кровообращения.

Таблица 1.

Характеристика неврологического статуса больных в исследуемой группе.

Сосудистая мозговая Недостаточность	**Количество пациентов**	**%**
Асимптомные	14	17,7
ДЭП	27	34,2
ТИА	38	48,1
ОНМК	24	30,4

В рамках полного клинического обследования у всех пациентов выполнялись цветное дуплексное сканирование и ангиография (ДСА и 3D РА) 132 сонных артерий, основываясь на рекомендациях по определению объема обследований для определения показаний к операции [2]:

1. Определение показаний для хирургического лечения стенозов внутренних сонных артерий возможно без выполнения рентгеноконтрастной ангиографии только на основании данных ЦДС, которое при недостаточности диагностической информации может быть дополнено мультиспиральной компьютерной ангиографией или МРА.
2. В случае противоречий в данных неинвазивных исследований или недостаточной визуализации артерий необходимо выполнение рентгеноконтрастной ангиографии.
3. Предпочтительно определение степени стеноза по методике NASCET (уровень доказательности В).

2.2. Методы исследований

2.2.1. Ультразвуковое обследование сонных артерий

При ультразвуковом исследовании брахиоцефальных артерий выполнялась ультразвуковая и транскраниальная допплерография, триплексное сканирование брахиоцефальных и интракраниальных артерий. При выполнении транскраниальной допплерографии определяли замкнутость Виллизиева круга, линейные скорости и индексы периферического сопротивления по мозговым артериям. Цветным дуплексным сканированием (ЦДС) выполнялось исследование брахиоцефальных артерий в нескольких плоскостях (при продольном и поперечном сканировании). Ультразвуковая допплерография (УЗДГ) проводилась на аппарате «Vasoflo – 2», ультразвуковой спектральный анализ и ТКДГ – на аппарате «Биомед 2» фирмы «БИОСС». Цветное дуплексное сканирование производилось на

аппарате «SD-800» (Philips, Голландия). Использовались широкополосные линейные датчики 7,5 – 5 кГц и секторный датчик 2,5 – 3,5 кГц.

2.2.2. Ангиографическое исследование

Ангиографическое обследование пациентов с поражением сонных артерий выполняли на ангиографических системах Innova 3100 General Electric (GE) (Франция) с обработкой изображения на мультимодальной рабочей станции AW 4.6. В качестве контрастного средства применяли «Омнипак», «Визипак», «Йопамиро» в концентрациях 300, 320, 350 и 370.

Для непрерывного мониторирования ЭКГ, кривой насыщения кислородом артериальной крови в капиллярах и артериального давления использовались мониторы и датчики фирмы «GE».

Ангиографию у пациентов с поражением сонных артерий выполняли стандартным методом - ДСА, применяемой в НЦССХ им. А.Н. Бакулева, а также методом 3D РА.

Программа исследования больных включала в себя ретроградную катетеризацию аорты, ДСА дуги аорты и селективную ангиографию (ДСА и 3D РА) сонных артерий.

Доступ осуществлялся через бедренную артерию по методу S. Seldinger. Для пункции артерии использовали пункционные иглы с внутренним диаметром, позволяющим провести проводник диаметром 0,39”. Далее устанавливался интродьюсер диаметром 4F, 5F или 6F, по которому на проводнике проводили катетер типа «pigtail» для выполнения ДСА дуги аорты. Следующим этапом выполнялась замена катетера типа «pigtail» на катетер типа «JR» для селективной катетеризации ОСА и выполнения ангиографии (ДСА или 3D РА) исследуемого сосуда.

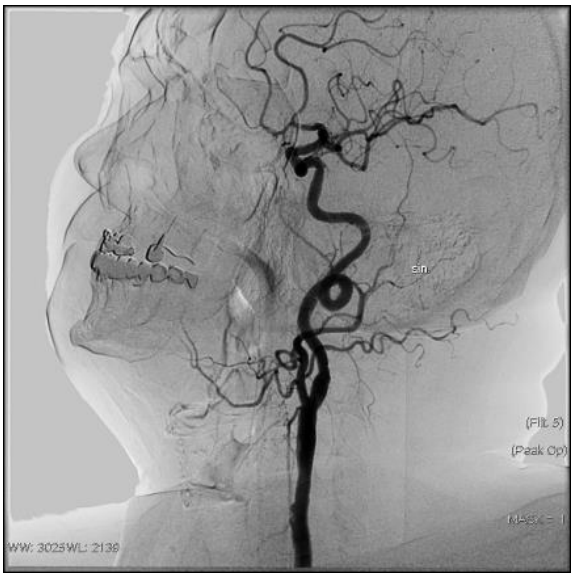
Ангиография:

- выполнение ДСА дуги аорты в левой косой проекции;
- селективную ДСА сонных артерий в переднезадней и боковой проекциях, а также в косых проекциях с краниальными и каудальными ангуляциями;
- селективную 3D РА сонных артерий при однократном введении контрастного средства.

При выполнении ДСА дуги аорты определяли: анатомические особенности дуги аорты и отхождение брахиоцефальных артерий, а также ОСА и проксимальных сегментов (шейный отдел) ВСА.

Рис. 4. и Рис. 5. ДСА брахиоцефальных артерий от дуги аорты

Для оценки поражения сонных артерий, как экстра- так и интракраниальных отделов, а также для гемодинамической оценки кровоснабжения головного мозга выполнялась селективная ДСА (в переднезадней, боковой и в косых проекциях с краниальными и каудальными ангуляциями).



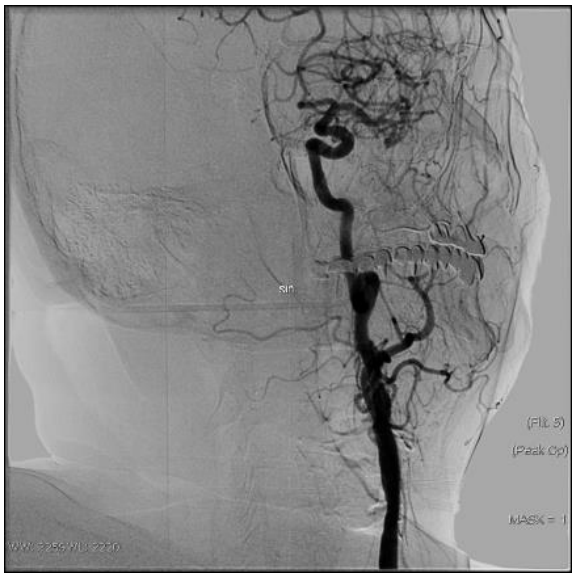
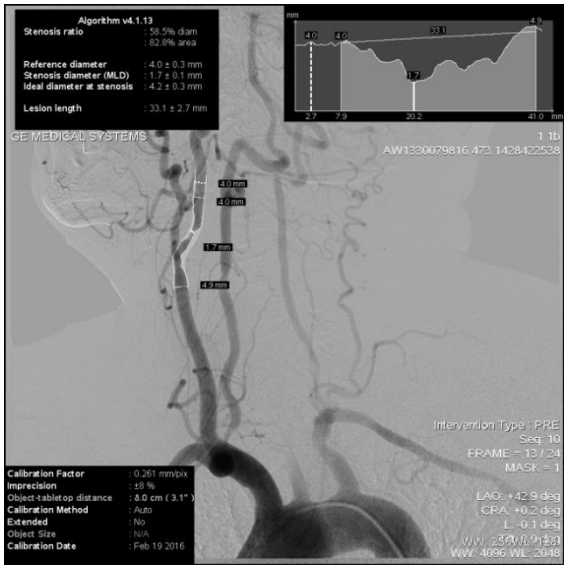


Рис. 6. и Рис.7. Селективная ДСА сонной артерий

Определение степени стеноза осуществляли по методике NASCET с помощью программного обеспечения «Analysis Stenosis» мультимодальной рабочей станции.



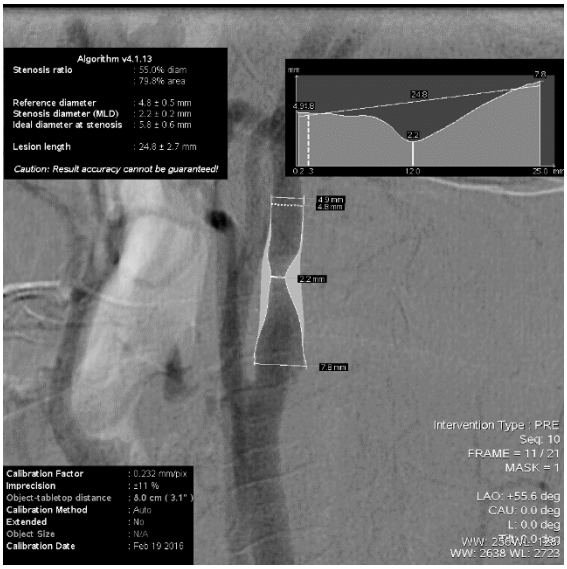
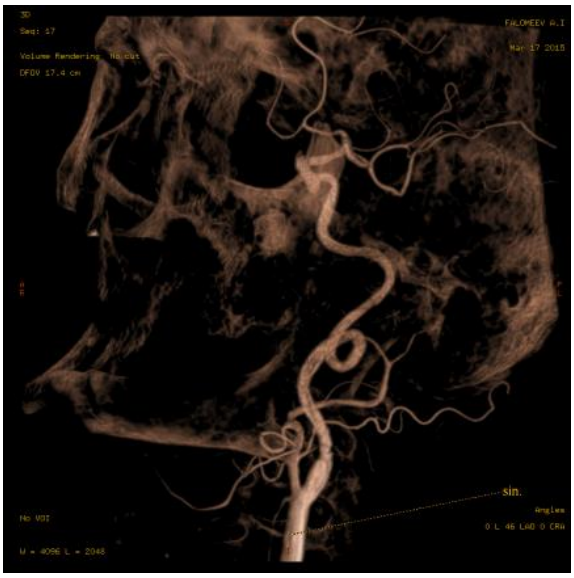


Рис. 8. и Рис. 9. Определение степени стеноза (NASCET) с помощью программного обеспечения «Analysis Stenosis».

В исследуемой группе больных применяли метод селективной 3D РА (однократное введение контрастного средства) для оценки поражения сонных артерий, как экстра- так и интракраниальных отделов, а также для гемодинамической оценки кровоснабжения головного мозга.



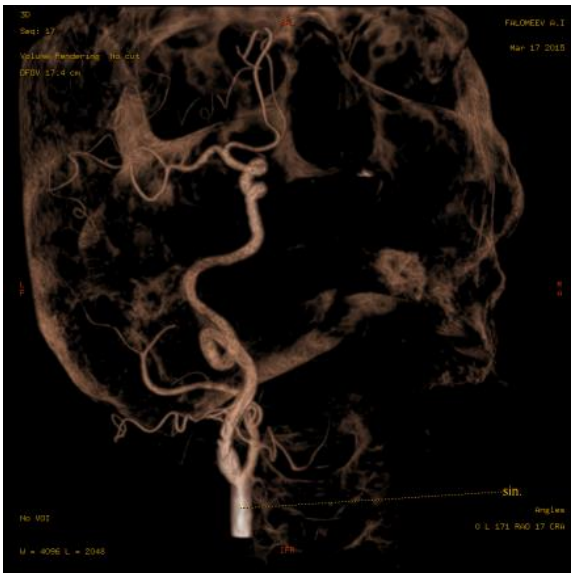


Рис. 10. и Рис. 11. Селективная 3D РА сонной артерии.

Определение степени стеноза осуществляли по методике NASCET с помощью программного обеспечения «AVA» мультимодальной рабочей станции.

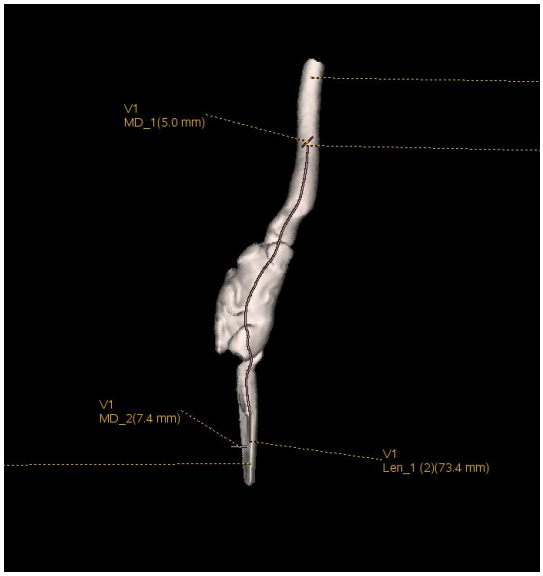


Рис. 12. и Рис. 13. Расчет линейных размеров сонной артерии с помощью программного обеспечения «AVA».

Сравнение диагностических возможностей ДСА и 3D РА у больных с поражением сонных артерий осуществляли путем сравнения полученных данных о степени стенозов, об извитостях и интракраниальных поражений, определенных при помощи этих двух методов.

Такому же анализу были подвергнуты результаты исследования поражений сонных артерий полученные при выполнении УЗИ и 3D РА.

2.3. Статистические методы

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью программы SPSS 12.0. Данные представлены в виде средних величин (среднее (M)) и стандартного отклонения (σ). Сравнение количественных показателей осуществлялась при помощи критерия Стьюдента. Достоверным считался уровень значимости $p<0,05$.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Технические основы метода 3D ротационной ангиографии

Для качественной ангиографической (ДСА) оценки состояния сонных артерий необходима визуализация зоны интереса в двух перпендикулярных проекциях. Метод трехмерной ротационной ангиографии (3D РА) является одним из современных перспективных направлений в рентгенохирургии. Это метод построения трехмерных моделей сосудистого русла из стандартных серий ангиограмм, полученных при вращении рентгеновской трубки вокруг исследуемой области. Полученные при помощи ротации данные обрабатываются на рабочей станции с получением КТ-срезов и 3D - изображения объекта. Этой 3D - моделью можно управлять на рабочей станции с получением множества проекций ангиографического изображения.

Для получения 3D - изображения, область интереса должна быть размещена в изоцентре под рентгеноскопическим контролем, иными словами исследуемый объект (кровеносные сосуды) должен находиться в центре рентгеновского изображения, и достигается это позиционированием изображения в прямой (РА) и строго боковой проекциях. Это гарантирует получение качественного изображения.

После размещения области интереса в изоцентре выполняется испытательное вращение С-дуги. Это важно, чтобы гарантировать, свободное пространство для вращения С-дуги, исключая столкновение с другим медицинским оборудованием (анестезиологическое оборудование, магистрали, дренажи и т.п.).

Техника 3D РА использует единственное болюсное введение контрастного средства. От начала ротации и на всем протяжении ротации сосудистое русло должно быть полностью заполнено контрастным средством.

Эмпирически, нами было установлено, что для получения полного тугого контрастирования брахиоцефальных артерий необходимо от 2 до 3 секунд (время задержки). Время задержки зависит от размера исследуемого сосуда, уровня установки катетера, а также скорости кровотока. Для точного определения времени задержки, можно использовать шкалу времени на предшествующей ротации ДСА.

Выполняется ротационная ангиография и как только процесс ротации завершен, данные автоматически передаются на рабочую станцию AW 4.6, где данные обрабатываются и преобразуются в формат 3D модели с КТ-срезами. Доступны множество алгоритмов реконструкции (SSD, MIP, VR), а также режим навигации позволяющий визуализировать просвет сосуда изнутри.

Ротационная ангиография сонных артерий с его последующей 3D реконструкцией выполнялась при вращении С-дуги в аксиальной плоскости со скоростью 40° в секунду с углом вращения 205° (Innova 3100 IQ, GE Healthcare). Результаты сканирования подвергаются обработке на мультимодальной графической станции (AW 4.6, GE Healthcare) с последующим созданием трехмерной модели брахиоцефальных артерий.

Нами была разработана формула расчета объемов контрастного средства для селективного введения в сосудистое русло:

$$\mathbf{V_{кс} = v * (t_з + t_с) – v,}$$

где $V_{кс}$ – общий объем КС, мл; v - скорость введения КС, мл/сек; $t_з$ - задержка сканирования, сек; $t_с$ - время сканирования, сек

Нами были определены параметры введения контрастного средства при выполнении селективной ротационной ангиографии представленные в таблице 2.

Таблица 2.

Параметры введения контрастного средства для селективного введения:

	Задержка сканирования, сек	**Время сканирования, сек**	**Скорость введения КС, мл/сек**	**Общий объем КС, Мл**
БЦС	3	5	3-4	21-28
ОСА	2-3	5	2-3	12-21
ВСА	2	5	1-1,5	6-9
НСА	2	5	1	6

3.2. СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ АНГИОГРАФИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДСА И 3D РА

3.2.1. Математическое моделирование и анализ интерпретации результатов степени стеноза артерии

Дигитальная субтракционная ангиография на протяжении долгих лет остается «золотым стандартом» в диагностике поражений сонных артерий. Учитывая этот факт, что при сравнении с диагностическими возможностями 3D РА предлагаем схематическую модель определения степени стеноза. Для примера мы взяли 50% стеноз артерии с ровными контурами атеросклеротической бляшки.

Выполняя ДСА мы получаем плоскостные изображения в двух перпендикулярных проекциях. Вероятность, что эти проекции окажутся идеальными для определения максимальной степени сужения артерии, низкая. Исходя из этого, при оценке степени стеноза методами ДСА и 3D РА в исследуемой группе определялись несоответствия (Глава 3.2.2, Таблица 3 - 5).

Таким образом, 50% стеноз в идеальной и перпендикулярной ей проекциях выглядит следующим образом:

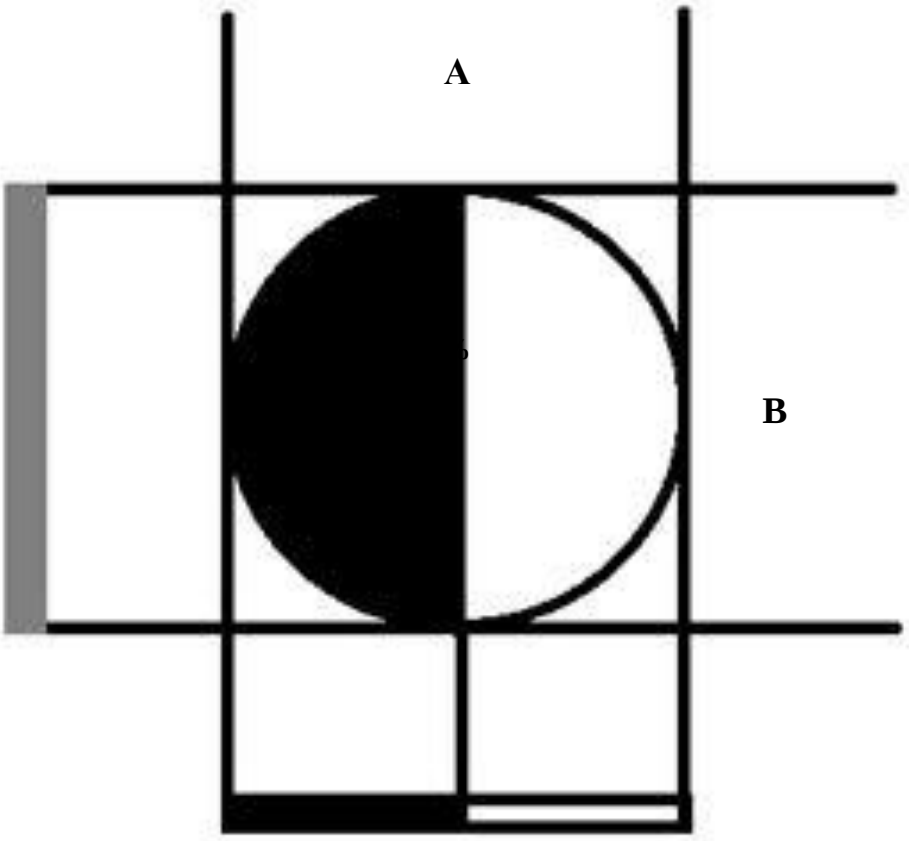


Рис. 14. Идеальная (А) и перпендикулярная (В) проекции оценки степени стеноза. ▬ – стеноз, ▭ - отсутствие стеноза, ▬ - изображение низкой интенсивности.

В проекции А визуализируется стеноз 50%, а в проекции Б мы видим изображение низкой интенсивности без стенотического сужения.

При изменении проекции на 10 градусов от идеальной А проекции мы получим следующее изображение:

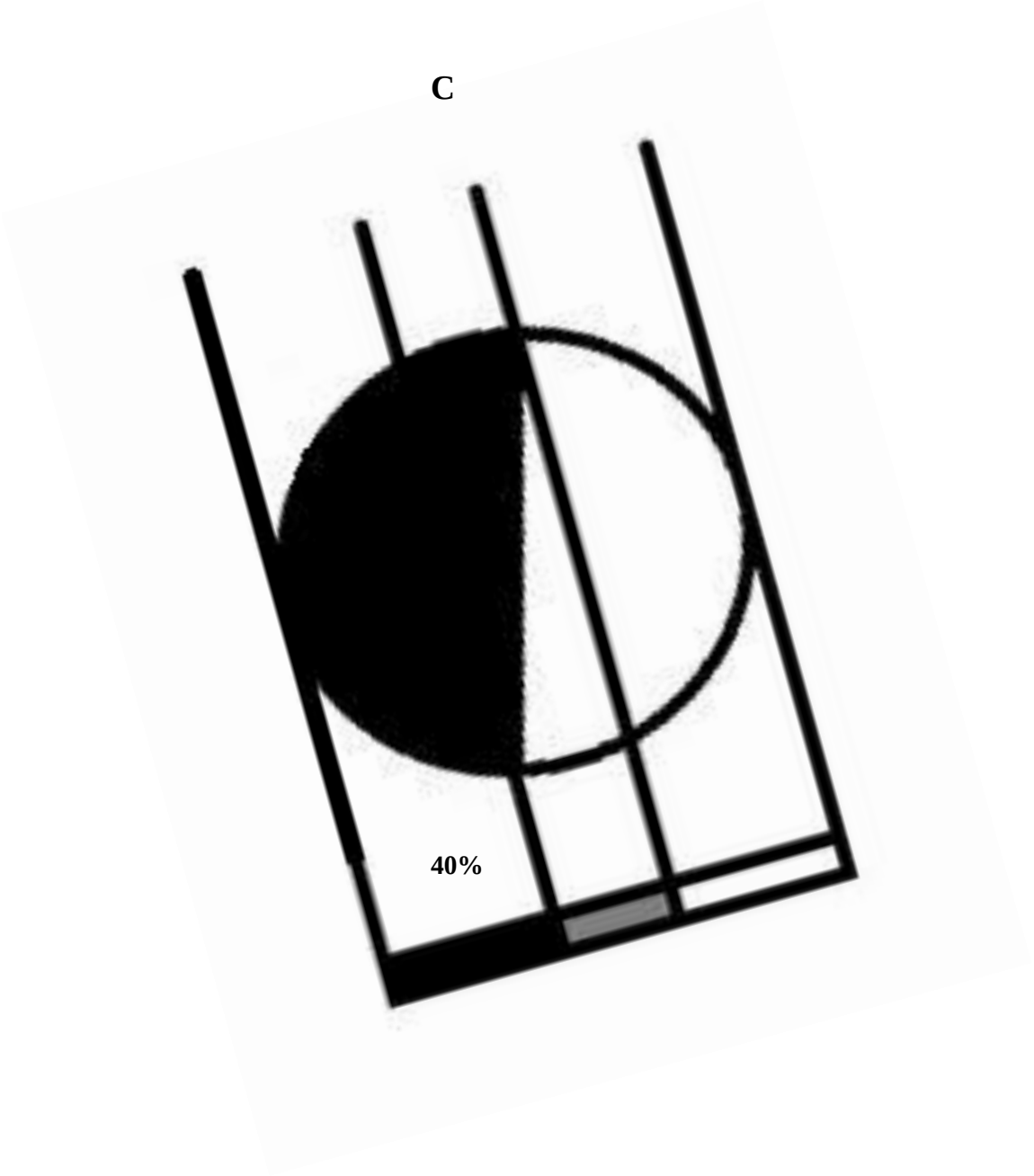


Рис. 15. Оценка степени стеноза в проекции С с отклонением в 10^0. – стеноз, - отсутствие стеноза, - изображение низкой интенсивности.

Исходя из данной схемы мы можем диагностировать стеноз артерии в проекции В - 40%, изображение низкой интенсивности -20% и 40% участок без стеноза.

Если изменять проекцию дальше на 20 градусов от идеальной проекции, то можем видеть следующее:

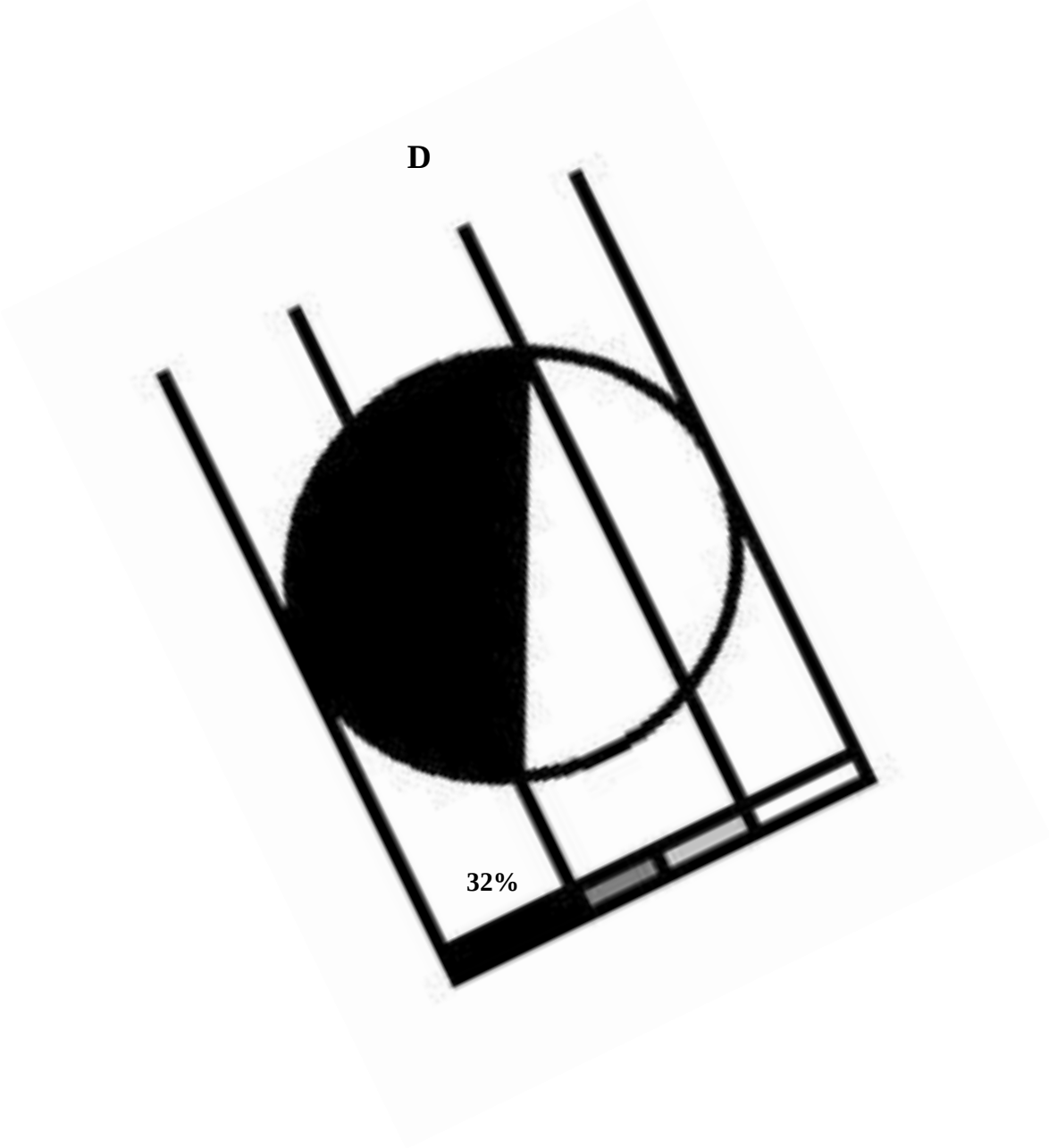


Рис. 16. Оценка степени стеноза в проекции D с отклонением в 20^0. – стеноз, - отсутствие стеноза, - изображение низкой интенсивности.

Таким образом в данной проекции мы можем поставить диагноз стеноз артерии только 32%, участок с низкой интенсивностью составит 44%, а область без стеноза 24% соответственно.

И наконец в отклонении проекции на 45 градусов от идеальной мы получим такую схему:

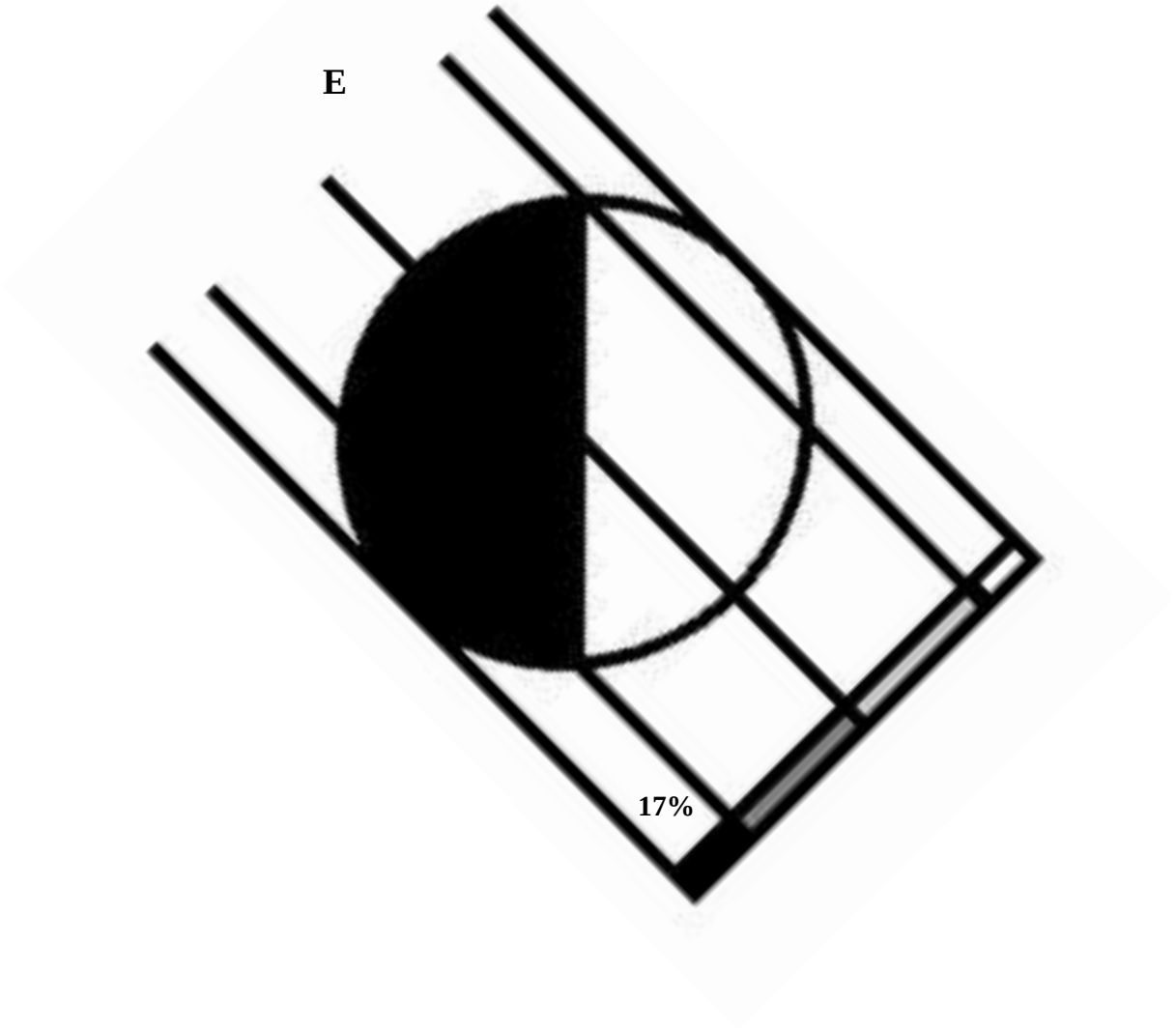


Рис. 17. Оценка степени стеноза в проекции Е с отклонением в 45^0. – стеноз, - отсутствие стеноза, - изображение низкой интенсивности.

И как видно из схемы в этой проекции мы увидим самый маленькую степень стеноза, в данном случае 17%, область без стеноза составит 14% и участок с изображением низкой интенсивности - 69%.

Участок с низкой интенсивностью в основном специалистами интерпретируется как область без стеноза и степень стеноза в зависимости от отклонения занижается. Возможность 3D PA просматривать проекцию в любой плоскости (выбор идеальной проекции) позволяет точно оценить степень стеноза.

3.2.2. Сравнение данных поражения сонных артерий полученных методами 3D РА и ДСА

Всем пациентам (n=79) было выполнено 3D ротационная ангиография и селективная ДСА 132 сонных артерий. Все исследованные сонные артерии были распределены на группы по степени стеноза, извитостям и инракраниальному поражению (Рис. 18 - 22).

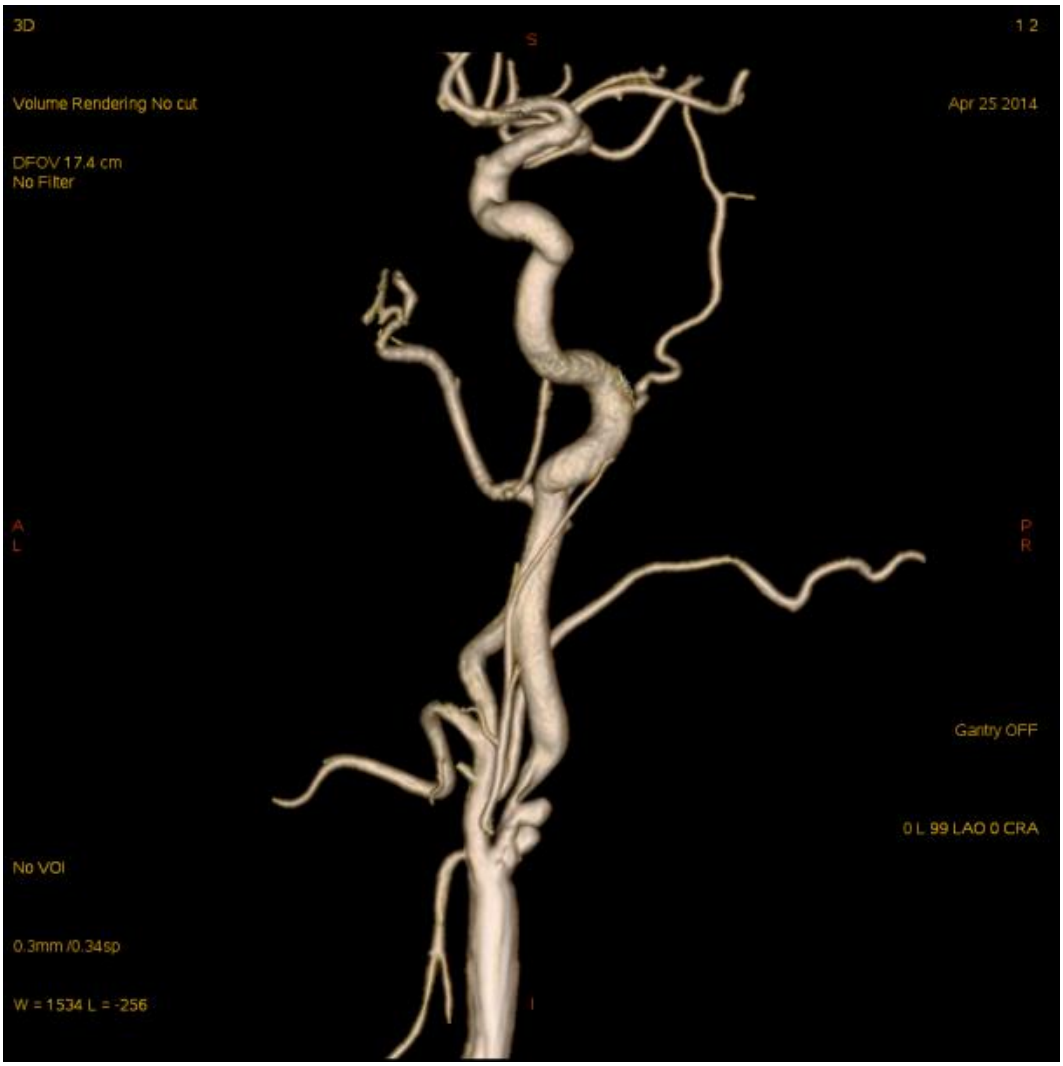


Рис.18. 3DPA правой общей сонной артерии. Стеноз шейного сегмента правой ВСА (LAO 99^0) (v = 2 мл/сек, $V_{кс}$ = 12 мл, $t_з$ = 2 сек, $t_с$ = 5 сек);

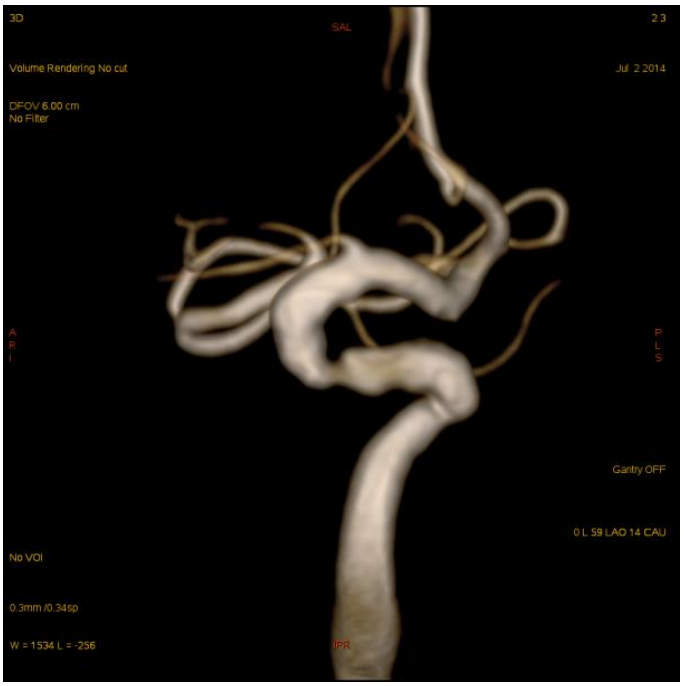


Рис. 19. 3D PA правой общей сонной артерии. Стеноз горизонтального сегмента (С4) кавернозного отдела правой ВСА. (LAO 59^0 Caud 14^0) (v = 2,5 мл/сек, $V_{кс}$ = 15 мл, $t_з$ = 2 сек, $t_с$ = 5 сек);

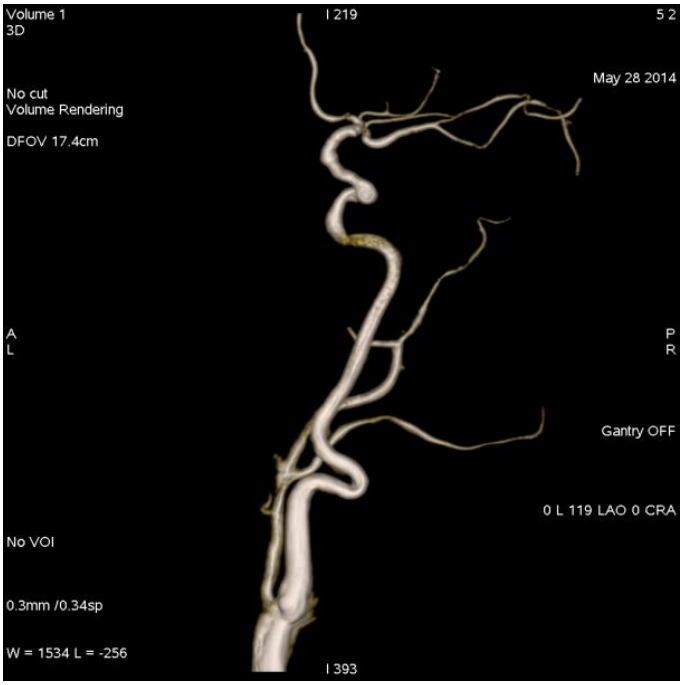


Рис. 20. 3D PA правой общей сонной артерии. S-образная извитость шейного отдела правой ВСА (LAO 119^0) (v = 2,5 мл/сек, $V_{кс}$ = 15 мл, $t_з$ = 2 сек, $t_с$ = 5 сек);

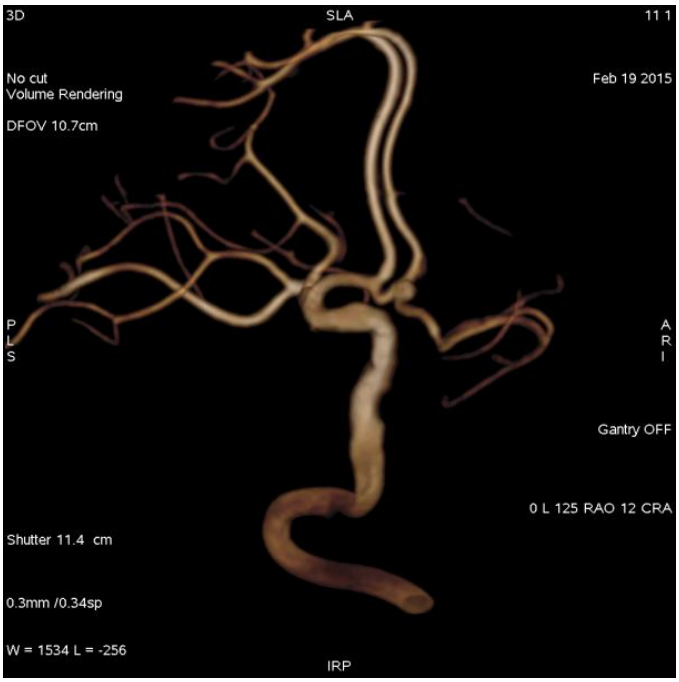


Рис. 21. 3D РА левой общей сонной артерии. Аневризма соединения А1 и А2 сегментов правой ПМА (RAO 125^0 Cran 12^0) (v = 2,5 мл/сек, $V_{кс}$ = 15 мл, $t_з$ = 2 сек,$t_с$ = 5 сек);

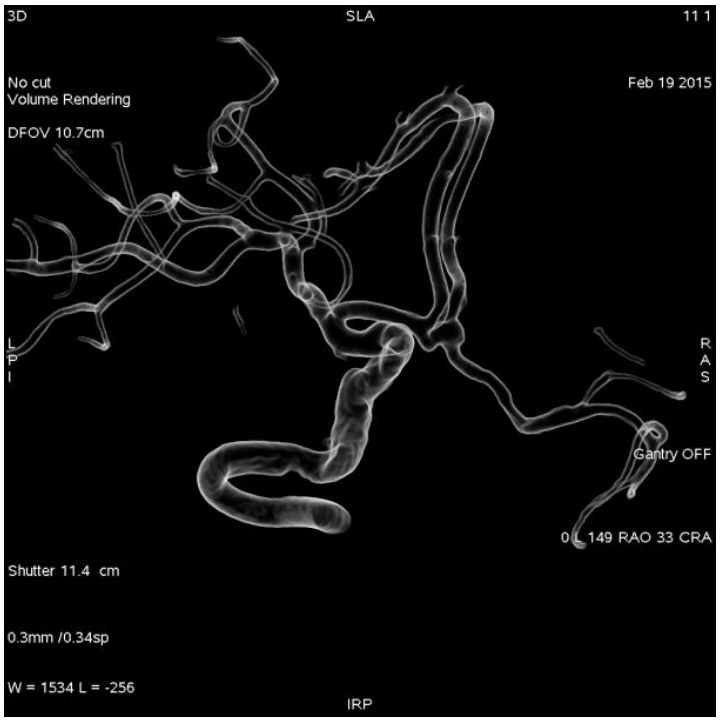


Рис. 22. 3D РА левой общей сонной артерии. Аневризма соединения А1 и А2 сегментов правой ПМА (RAO 149^0 Cran 33^0) (v = 2,5 мл/сек, $V_{кс}$ = 15 мл, $t_з$ = 2 сек,$t_с$ = 5 сек);

Первым этапом диагностики сонных артерий выполнялась ДСА от дуги аорты и селективная ДСА.

Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Распределение результатов поражений сонных артерий по категориям полученных методом ДСА.

Поражение и степень стеноза СА	**Количество артерий (n)(%)**
Стенозы 0-29%	12 (9,1%)
Стенозы 30-49%	24 (18,2%)
Стенозы 50-69%	30 (22,7%)
Стенозы 70-94%	32 (24,2%)
Стенозы 95-99%	14 (10,6%)
Окклюзии	11(8,3%)
Извитости	5 (3,8%)
Интракраниальные поражения	4 (3,1%)
Всего	132

В категорию от 0-29% стенозов СА определено было 12 артерий (9,1%), категорию от 30-49% составило 24 артерии (18,2%), в категорию 50-69% вошли 30 артерий (22,7%), к категории 70-94% отнесли 32 артерии (24,2%), в категорию 95-99% вошло 14 артерий (10,6%), окклюзии были обнаружены в 11 случаях (8,3%), извитость выявлена в 5 артериях (3,8%) и интракраниальные поражения выявлено в 4 случаях (3,1%).

Далее этим же пациентам выполнялась селективная 3D РА. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Распределение результатов поражений сонных артерий по категориям полученных методом 3D РА.

Поражение и степень стеноза СА	**Количество артерий (n)(%)**
Стенозы 0-29%	9 (6,8%)
Стенозы 30-49%	22 (16,7%)
Стенозы 50-69%	30 (22,7%)
Стенозы 70-94%	29 (22,0%)
Стенозы 95-99%	17 (12,9%)
Окклюзии	13 (9,8%)
Извитости	5 (3,8%)
Интракраниальные поражения	7 (5,3%)
Всего	132

По результатам выполненной 3D РА: 9 артерий (6,8%) попали в категорию от 0-29% стенозов СА, 22 артерии (16,7%) были определены в категорию от 30-49%, 30 артерий (22,7%) вошли в категорию 50-69%, к категории 70-94% отнесли 29 артерии (22,0%), в категорию 95-99% вошло 17 артерий (12,9%), окклюзии были обнаружены в 13 случаях (9,8%), извитость выявлена в 5 артериях (3,8%) и интракраниальные поражения выявлено в 7 случаях (5,3%).

Из 132 исследованных артерий в 9 случаях мы отметили сочетание извитости и стеноза ВСА, при стенозе до 49% эти поражения были отнесены к категории извитости, а при стенозах более 50% - в категорию стенозов. Такое распределение было связано с клинической значимостью поражения.

Используя полученные данные нами проведен сравнительный анализ результатов исследованных артерий методами ДСА и 3D РА. Полученные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Распределение результатов поражений сонных артерий по категориям полученных методами ДСА и 3D РА.

		3D PA								
		0-29%	**30-49%**	**50-69%**	**70-94%**	**95-99%**	**Оккл.**	**Изв.-ть**	**Интракр.**	**Всего**
Д С А	**0-29%**	9							3	**12**
	30-49%		22	2						**24**
	50-69%			28	1	1				**30**
	70-94%				28	3	1			**32**
	95-99%					13	1			**14**
	Оккл.						11			**11**
	Изв.-ть							5		**5**
	Интракр.								4	**4**
	Всего	**9**	**22**	**30**	**29**	**17**	**13**	**5**	**7**	**132**

В категориях от 0-29% и 30-49% в 9 случаях и соответственно в 22 случаях степень стенозов выявленная методами ДСА и 3D РА совпадали. В категории 50-69%, по данным 3D РА, совпадение результатов было отмечено в 28 случаях из 30, в двух случаях степень стеноза, выявленная методом ДСА, оказалась ниже на 1 категорию (30-49%). Из 29 исследованных артерий методом 3D РА относящихся к категории 70-94% совпадение результатов

составило 28 артерий, в одном случае стеноз оказался ниже на 1 категорию (50-69%) по данным ДСА. В 17 исследованных артериях отнесенных методом 3D РА к категории 95-99% в 13 случаях результаты совпали с данными ДСА и в трех случаях степень стеноза оказался ниже на 1 категорию (70-94%) и в одном случае степень стеноза оказался ниже на 2 категории (50-69%) по данным ДСА. Из 13 окклюзий сонных артерий, диагностированных методом 3D РА, совпадение результатов обоих методов составило 11 случаев, а в двух случаях, по данным ДСА, выявлены не окклюзии, а стенозы относящиеся к категориям 70-94% и 95-99%. Все 5 случаев извитостей сонных артерий выявленных методом 3D РА совпали с данными ДСА. Из 7 интракраниальных поражений, выявленных методом 3D РА только в 4 случаях метод ДСА оказался информативен, а в трех случаях методом ДСА интракраниальных поражений не было выявлено (рис. 23).

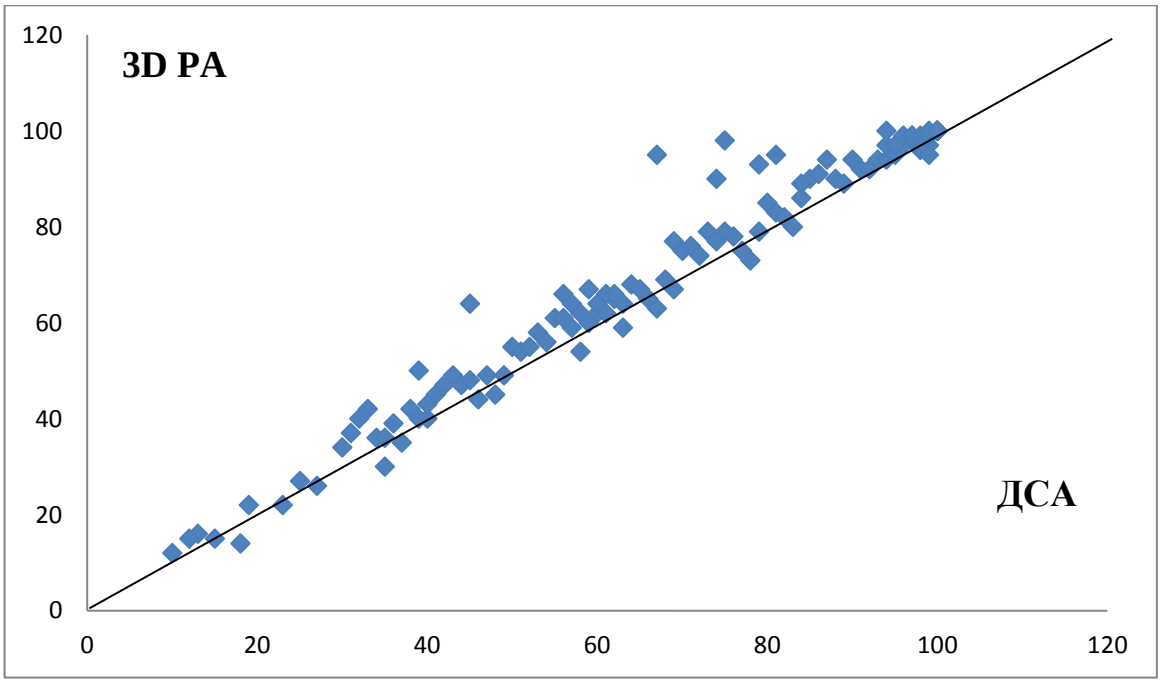


Рис. 23. Диаграмма распределения данных степени стенозов ВСА полученных методами ДСА и 3D РА.

Таблица 6.

Определение частоты совпадений поражения сонных артерий, диагностированных методами 3D PA и ДСА.

Совпадение	**Частота (n)**	**Процент (%)**	**t_c**
Наличие	120	90,9	p>0,05
Отсутствие	12	9,1	

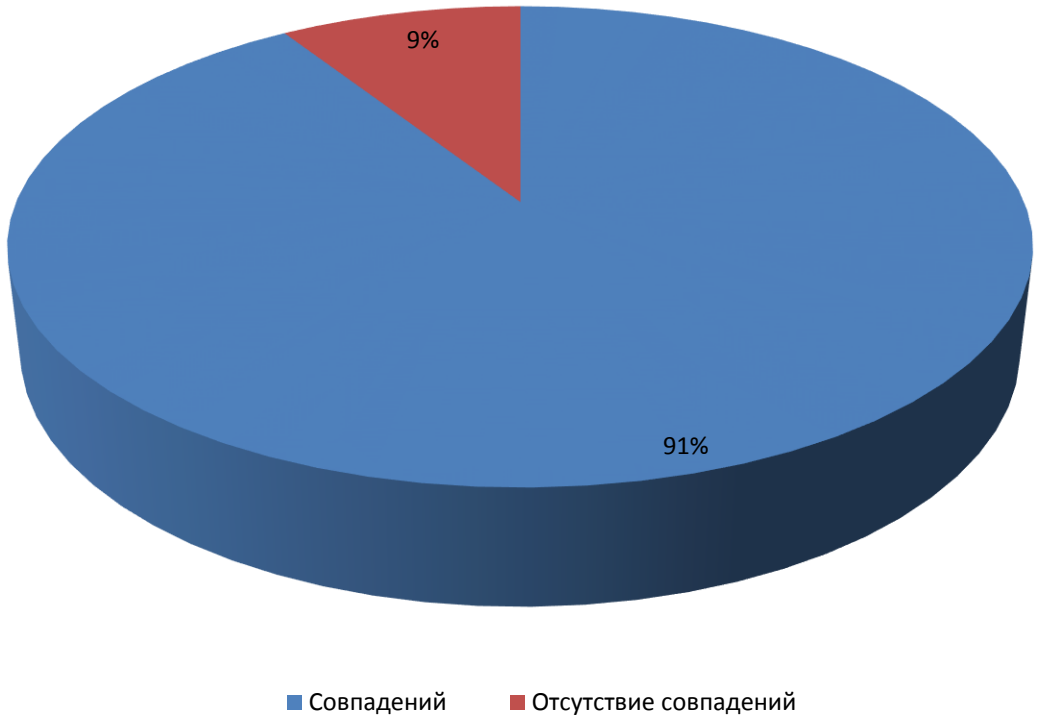


Рис. 24. Процент совпадений во всех категориях поражения сонных артерий определенных методами 3D PA и ДСА.

Таким образом данные предоставленные методом ДСА по поражениям сонных артерий совпали с данными 3D PA в 90,9% случаев (рис. 24).

При анализе данных поражения сонных артерий, определенных методами 3D PA и ДСА статистически значимых различий не выявлено (таблица 6).

Нами были проанализированы категории поражений сонных артерий, в которых отмечались различия данных методов диагностики (Таблица 7).

Таблица 7.

Определение частоты совпадений поражения сонных артерий, диагностированных методами 3D РА и ДСА в категориях по степени стеноза.

Категория	**Совпадение**	**Частота (n)**	**Процент (%)**
0-29%	Наличие	9	100
	Отсутствие	0	0
30-49%	Наличие	22	100
	Отсутствие	0	0
50-69%	Наличие	28	93,3
	Отсутствие	2	6,7
70-94%	Наличие	28	96,5
	Отсутствие	1	3,5
95-99%	Наличие	13	76,5
	Отсутствие	4	23,5
Окклюзия	Наличие	11	84,6
	Отсутствие	2	15,4
Интракраниальное поражение	Наличие	4	57,1
	Отсутствие	3	42,9

Из таблицы видно, что различия в диагнозе начинаются при наличии стенозов 50% и выше, и если в категории 50-69% и 70-94% отсутствие совпадений наблюдается в 6,7% и 3,5% случаев, то при выявлении окклюзий и критических стенозов (95-99%) несоответствие составляет 15,4 и 23,5%

соответственно. Самое существенное расхождение результатов диагностики мы отметили при выявлении интракраниальных поражений сонных артерий, что составило 42,9%.

3.2.3. Сравнение данных лучевой нагрузки и объема контрастного средства в диагностике поражений сонных артерий

При исследовании 132 сонных артерий методами селективной ДСА и 3D РА мы фиксировали данные лучевой нагрузки (DAP), объема контрастного средства и рентгеновского времени после каждой ангиографической серии. DAP (dose area product) – произведение входной поверхностной поглощенной дозы и площади облучаемого участка кожи пациента.

Данные DAP получали с консоли ангиографа, который имеет встроенную в рентгеновскую трубку проходную ионизационную камеру соединенную с компьютеризированным вычислительным устройством для автоматического расчета значений DAP в каждом конкретном исследовании.

Автоматически рассчитанные данные рентгеновского времени также считывались с консоли ангиографа.

Для выполнения ангиографии сонных артерий методом ДСА заполнение контрастным средством исследуемой артерии осуществлялось с помощью ручного введения, шприцом со шкалой шагом в 1 мл и объемом 20 мл. При 3D РА введение контрастного средства в сосудистое русло осуществлялось с помощью автоматической инъекционной системы (MEDRAD модель Mark V ProVis) с возможностью точного, многофазного программирования таких параметров как объем и скорость введения контрастного средства.

Ангиографическое исследование сонных артерий методов ДСА предполагает выполнение съемки в основных двух проекциях (прямая и боковая проекции), а также возможно использование дополнительных проекций. Данные DAP, объема контрастного средства и рентгеновского времени суммировались с учетом только двух проекций, а данные полученные

при выполнении дополнительных проекций не учитывались. Результаты исследования представлены в таблице 8.

Таблица 8.

Данные лучевой нагрузки (DAP), объема контрастного средства и рентгеновского времени полученные при использовании методов селективной ДСА и 3D РА.

Признак	**Метод иссл.**	**Число набл.**	**M**	**Me**	**Sd**	**Max**	**Min**	**t_c**
DAP, cGy*cm^2	Сел. ДСА	132	1162,54	1165	28,23	1206	1108	p<0,05
	3D РА	132	748,41	747	15,20	777	723	
Контрастное средство, мл	Сел. ДСА	132	20,07	20	2,58	16	24	p>0,05
	3D РА	132	14,59	15	1,65	12	18	
Рентгеновское время, сек	Сел. ДСА	132	13,95	14	1,40	12	16	p<0,05
	3D РА	132	6,02	6	0,42	5	7	

где M – среднее; Me – медиана; Sd – стандартное отклонение; Max – максимальное значение; Min – минимальное значение; t_c - критерий Стьюдента.

Нами установлено, что значение DAP при использовании селективной ДСА в среднем составляет 1162,54±28,23 cGy*cm^2, а этот же показатель для 3D РА составляет 748,41±15,20 cGy*cm^2 и было выявлено наличие статистически значимых различий (p<0,05).

Объем контрастного средства в среднем при селективной ДСА составляет 20,07±2,58 мл, а при 3D РА - 14,59±1,65 мл, при этом статистически значимых различий не выявлено ($p>0,05$).

Рентгеновское время в среднем при селективной ДСА составляет 13,95±1,40 секунд, а при 3D РА - 6,02±0,42 секунд и было выявлено наличие статистически значимых различий ($p<0,05$) .

Как для селективной ДСА, так и для 3D РА распределение полученных значений соответствует закону нормального (Гауссовского) распределения, что в дальнейшем позволяет проводить анализ полученных данных, используя средние значения полученных показателей.

На рисунке № 25 представлены средние значения и доверительный интервал полученных данных лучевой нагрузки (DAP) полученных при выполнении селективной ДСА и 3D РА в исследовании сонных артерий.

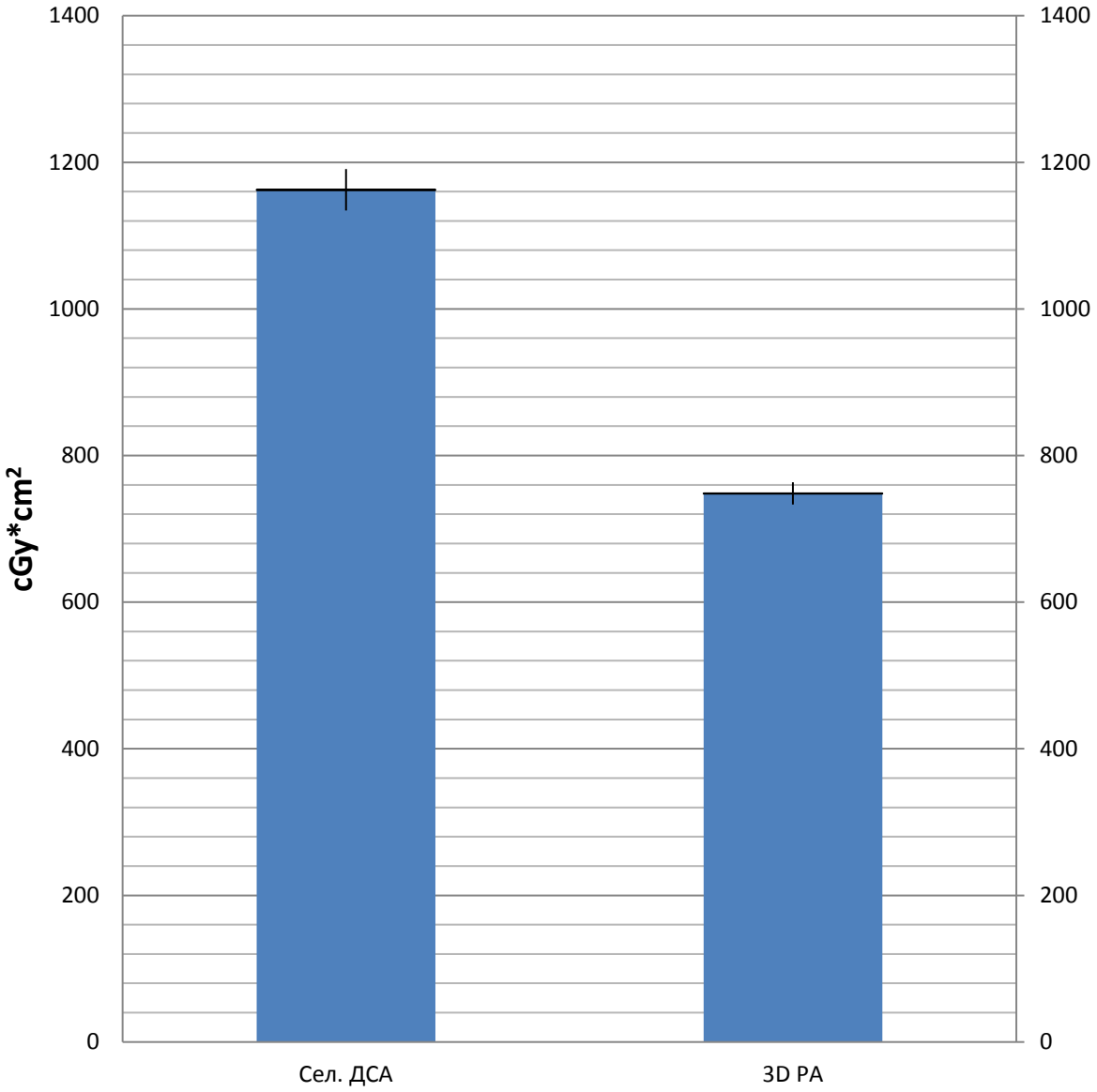


Рис. 25. Значения лучевой нагрузки при исследовании сонных артерий, полученные при помощи селективной ДСА и 3D РА.

В результате проведенных исследований определено, что среднее значение лучевой нагрузки (DAP), полученные при помощи 3D РА достоверно меньше, чем аналогичные показатели при селективной ДСА.

На рисунке № 26 представлены средние значения и доверительный интервал полученных данных объема контрастного средства полученных при выполнении селективной ДСА и 3D РА в исследовании сонных артерий.

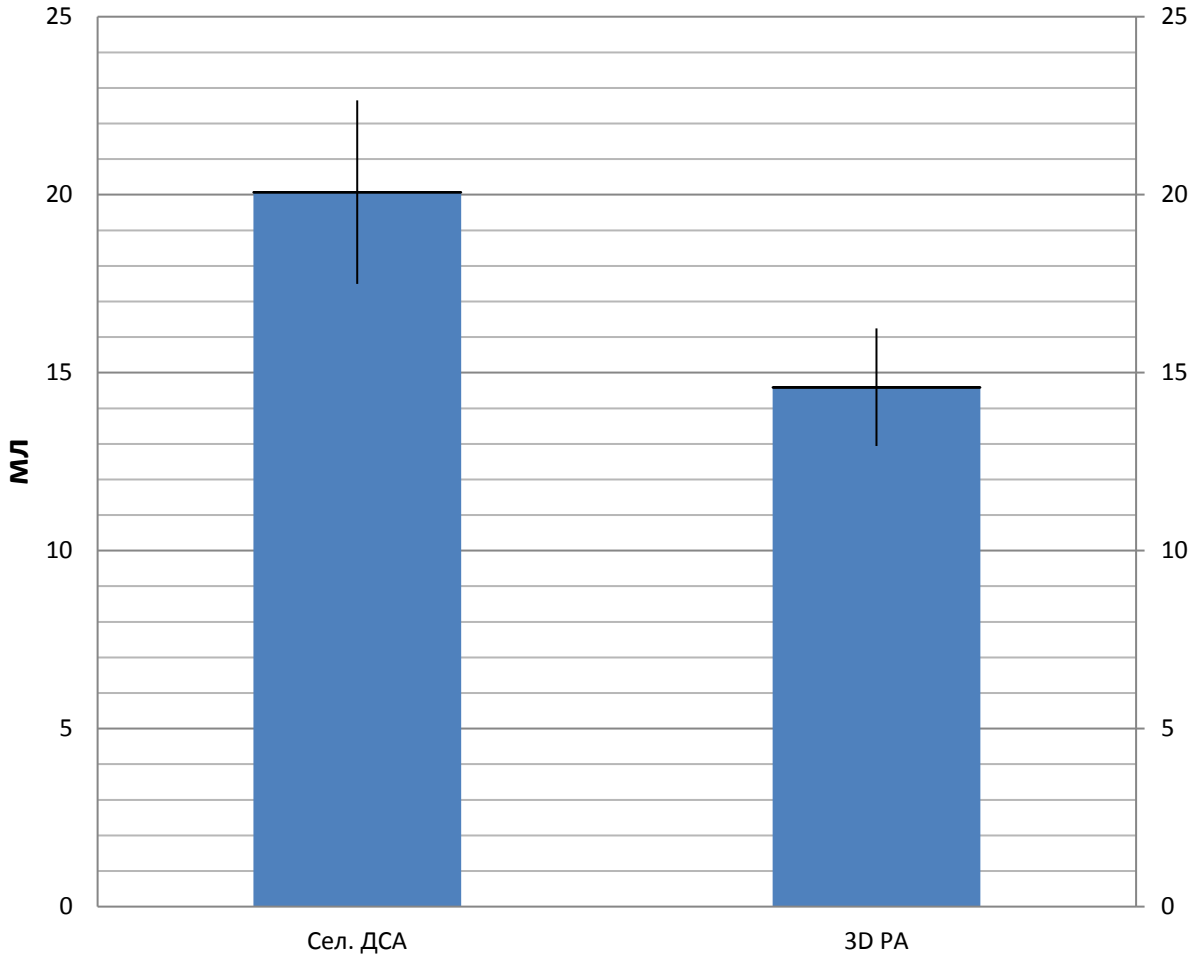


Рис. 26. Значения объема контрастного средства при исследовании сонных артерий, полученные при помощи селективной ДСА и 3D РА.

В результате проведенных исследований определено, что среднее значение объема контрастного средства, полученные при помощи 3D РА меньше, чем аналогичные показатели при селективной ДСА. Несмотря на то, что статистически значимых различий не выявлено, клинически любое снижение объема контрастного средства является важным при выполнении ангиографического исследования, особенно у пациентов с почечной недостаточностью.

На рисунке № 27 представлены средние значения и доверительный интервал полученных данных рентгеновского времени полученных при выполнении селективной ДСА и 3D РА в исследовании сонных артерий.

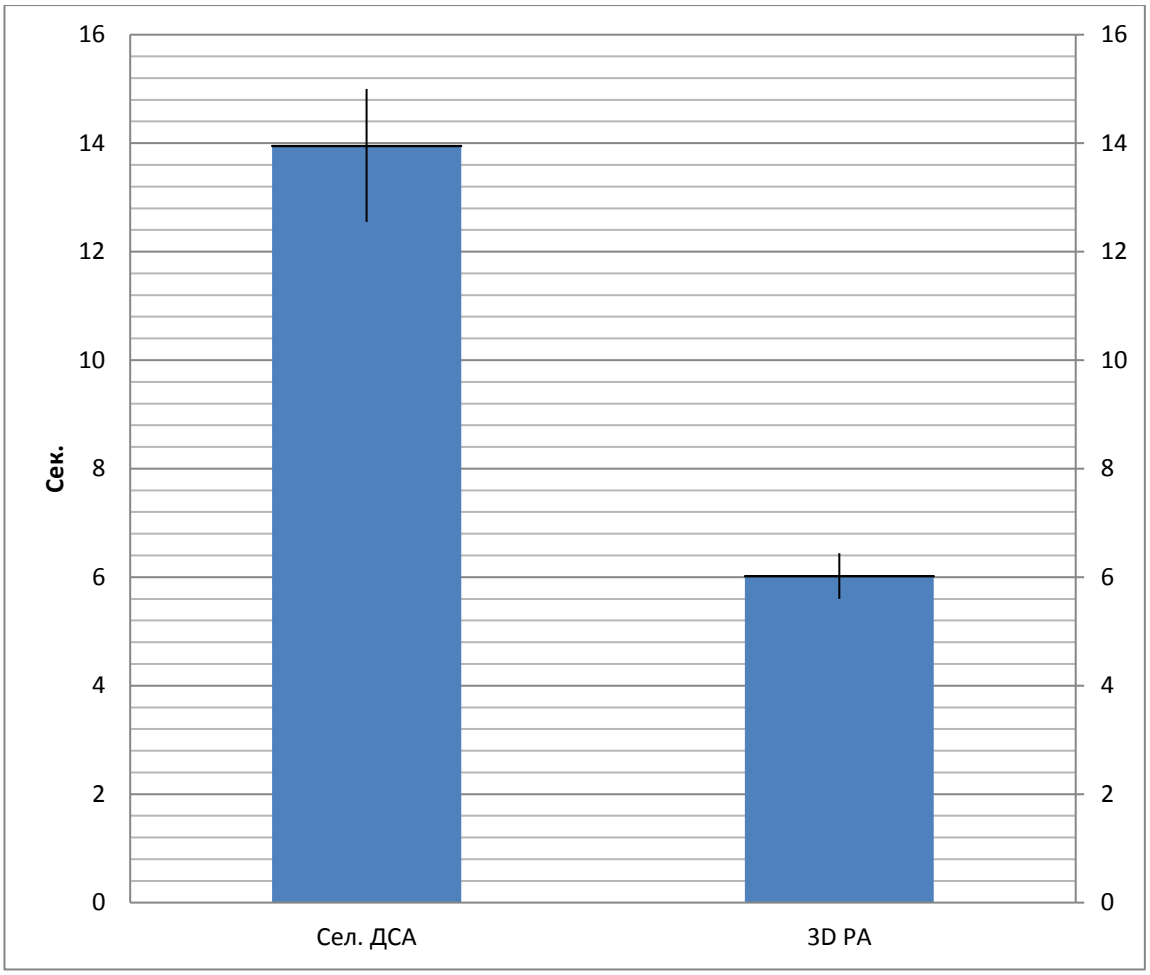


Рис. 27. Значения рентгеновского времени при исследовании сонных артерий, полученные при помощи селективной ДСА и 3D РА.

В результате проведенных исследований определено, что среднее значение рентгеновского времени, полученные при помощи 3D РА достоверно меньше, чем аналогичные показатели при селективной ДСА.

Для демонстрации возможностей ДСА и 3D РА в диагностике поражения сонных артерий приводим в качестве наблюдения клинические примеры.

Клинический пример 1

Больная И., возраст: 61 год. Рост(см) = 164. Вес(кг) = 60. ИМТ = 22,31.

Диагноз перед АКГ: Атеросклероз. Стеноз + извитость обеих ПкА. Стеноз ствола правой ОСА. Стеноз + патологическая извитость правой ВСА. Окклюзия левой ВСА, НСА, ОСА. Стеноз + патологическая извитость обеих ПА. Состояние после ОНМК с правосторонним гемипарезом. ДЭП 2 степени. ИБС. СН 2 ФК. Состояние после ТЛБАП со стентированием ПКА. АГ 3 степени, риск 4. НК1. СД 2 типа, ср. ст. тяжести в стадии субкомпенсации, инсулинопотребный. Поверхностный гастродуоденит. НК - 1. ФК - 2.

Жалобы: на постоянные головные боли , головокружения, пошатывание при ходьбе, слабость, онемение в левой в/к., периодически – пелена перед глазами, дискомфорт в области сердца , утомляемость. В 2008г. перенесла острое нарушения мозгового кровообращения, с правосторонним гемипарезом.

ЭКГ: ритм синусовый, ЧСС 70 уд. в мин.

ЭхоКГ: МК 6 створки уплотнены. ФК 31 мм. Регургитация 1,5 степени. ЛП : 34х44 мм. ЛЖ : КДР 42 мм., КСР 26 мм., КДО 79 мл., КСО 25 мл., ФВ 69%. Аорта уплотнена, восх 30 мм., АК: 3- х створчатый, краевое уплотнение створок. ФК 24 мм. Регургитации нет. ПП : 42х41 мм. РД в ПЖ 19 мм.рт.ст. ТК : створки подвижные. ФК 33мм. Регургитация 1 степени.

УЗИ: брахиоцефальных сосудов : Стеноз 45-50% в устье правой ПкА + С-извитость . Стеноз 50% в начальном отделе левой ПкА + извитость. Стеноз ствола правой ОСА, справа 25-30% в дист /3. Стеноз 55-60% (концентрическая, гетерогенная АСБ с переходом на начальные отделы ВСА и НСА). Стеноз ВСА 70-75% (ЛСК до 220 см/сек), НСА 55% (ЛСК 150 см/сек) + S -извитость ВСА в дистальном отделе Окклюзия левой ОСА , ВСА , НСА (коллатеральное заполнение НСА дистальнее устья). Стеноз обеих ПА ,

справа 75% (ЛСК 170 см/сек в устье) , слева 60-70% в 1-ом сегменте + S - извитость над устьем (в устье стеноз до 50% , ЛСК 100 см/сек). Во втором сегменте кровоток по обеим ПА умеренно повышен, с признаками дисциркуляции.

При АКГ: Ангиография брахиоцефальных артерий: БЦА отходят от дуги аорты тремя основными стволами: БЦС, левая ОСА и левая ПкА. Правая ПА от устья на протяжении стенозирована до 75%, во втором сегменте сужена до 50%,в третьем сегменте петлевидно извита. Правая ОСА на уровне бифуркации стенозирована до 70%, с вовлечением устьев ВСА и НСА, правая НСА в устье сужена до 75%, правая ВСА в п/3 стенозирована до 90%, в д/3 перед входом в череп S-образно извита, правая ПМА в устье сужена до 95%. Левая ОСА в п/3 окклюзирована: левая ПМА контрастируются по перетокам через правую ВСА, левая СМА контрастируются по перетокам через базилярную артерию. Левая ПА в первом сегменте от устья стенозирована до 55-65%, в третьем сегменте S-образно извита. Левая ПкА в первом сегменте стенозирована до 45%.

Результаты ангиографии:

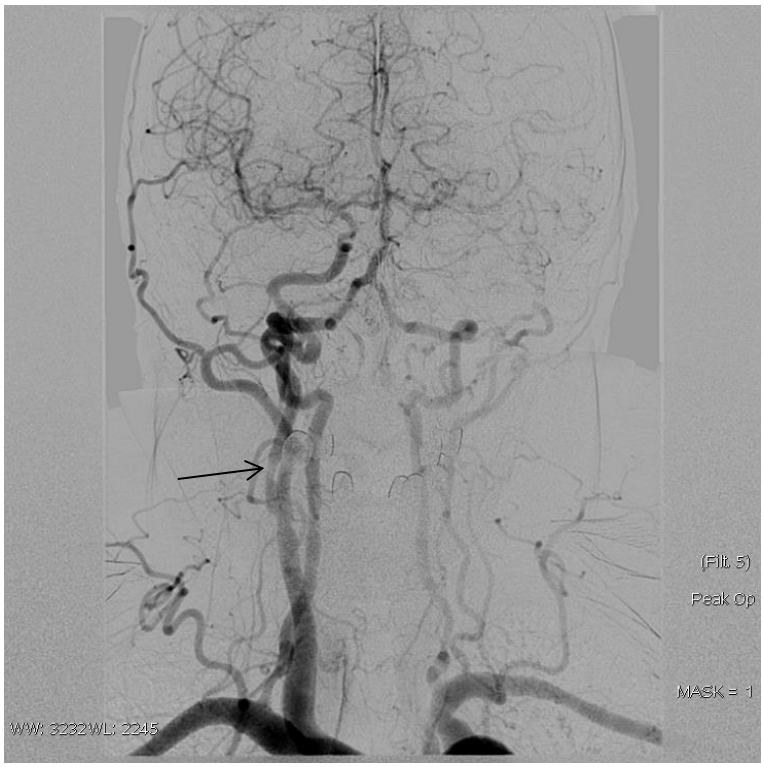


Рис. 28. ДСА от дуги Ao (PA). (КС: V = 35 мл, v = 16 мл/с; DAP = 653 cGy*cm^2).

Рис. 29. ДСА от дуги Ao (LAO57^o). (КС: V = 35мл,v = 16мл/с; DAP = 711 cGy*cm^2).

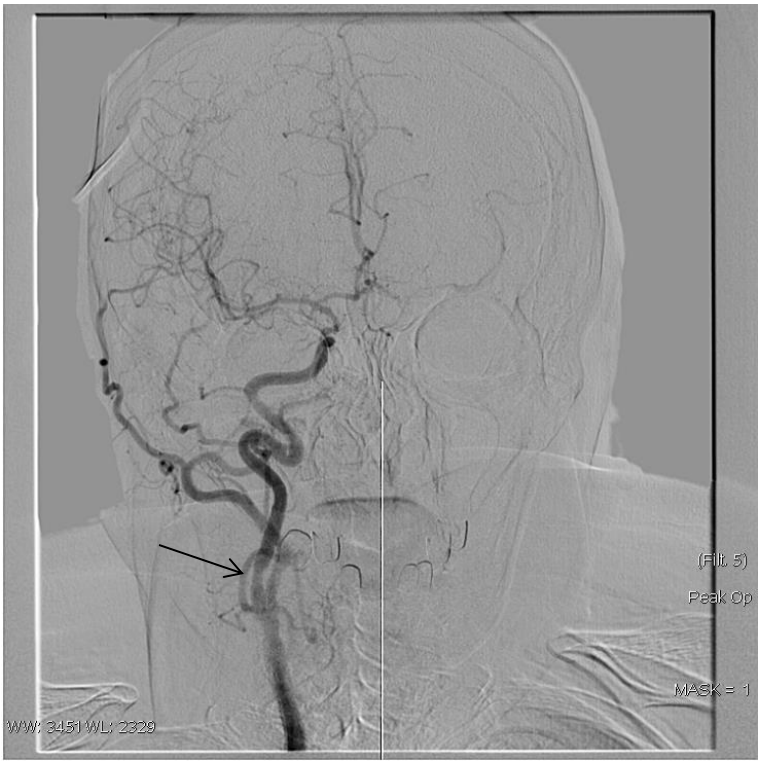


Рис. 30. Сел. ДСА правой ОСА (PA). (КС: V=12 мл; DAP=667 cGy*cm^2).

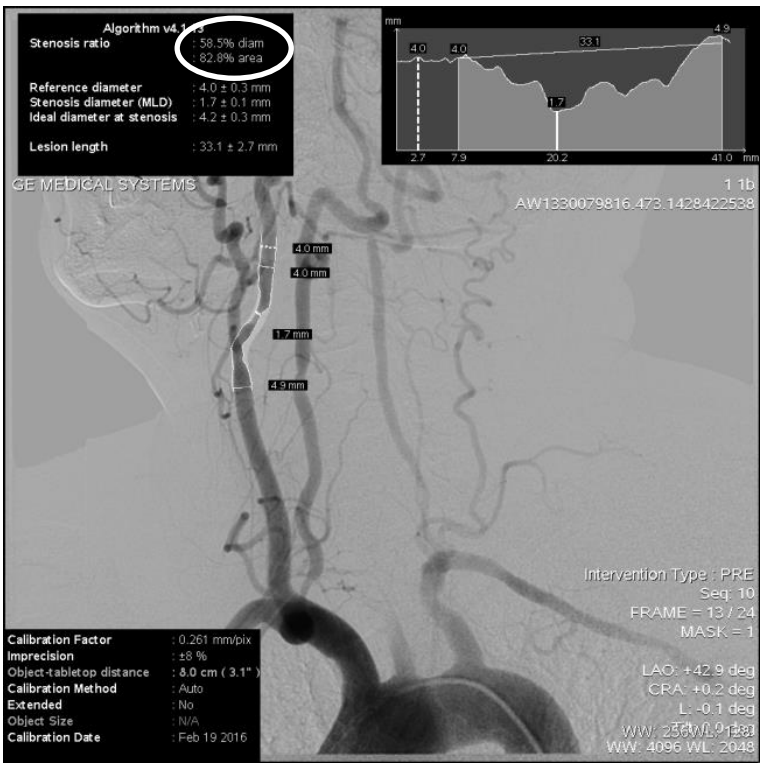


Рис. 31. ДСА от дуги Ao(LAO 43^o). (КС: V = 35мл,v = 16мл/с; DAP = 711 cGy*cm^2).

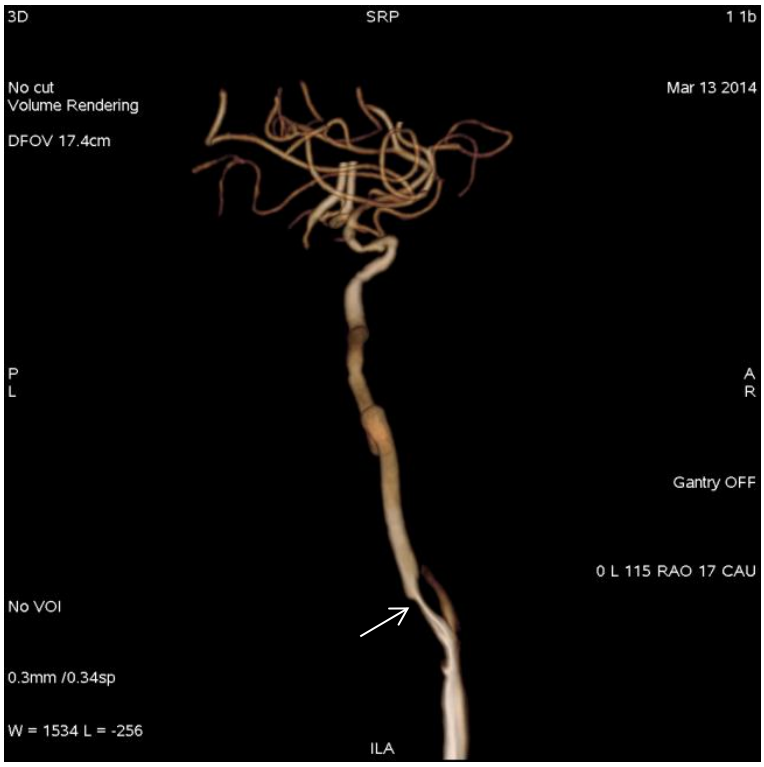


Рис.32. 3D PA пр. ОСА (RAO 115º Caud 17º). (КС: V = 15 мл, v = 2,5 мл/с; DAP = 743 cGy*cm^2).

Рис. 33. 3D PA пр. ОСА (RAO 57º). (КС: V = 15 мл,v = 2,5 мл/с; DAP = 743 cGy*cm^2).

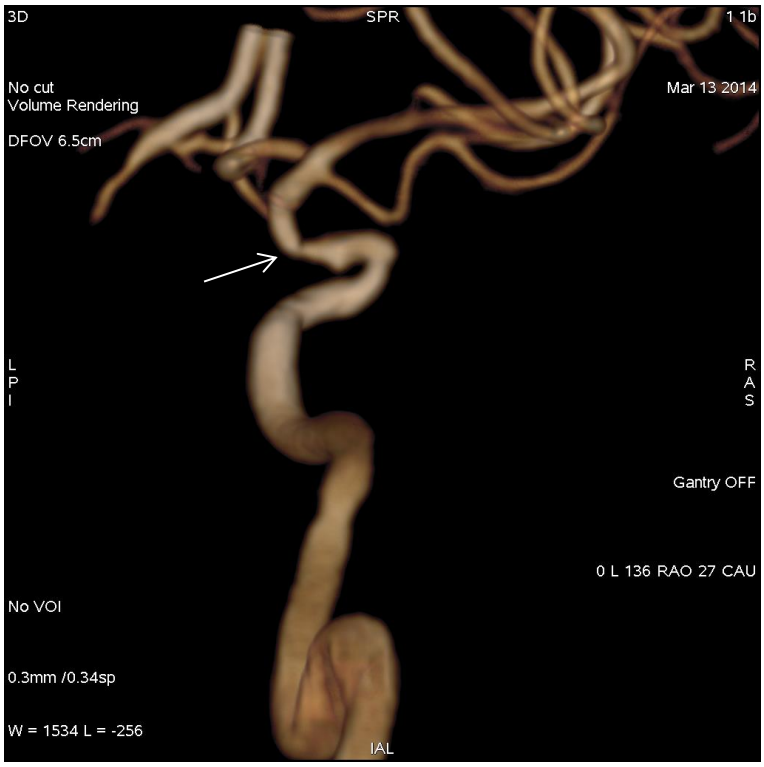


Рис. 34. 3D РА правой ОСА (RAO 136º Caud 27º). (КС:V=15 мл,v=2,5 мл/с; DAP=743 cGy*cm^2).

В данном примере мы наблюдаем различия в интерпретации степени стеноза ВСА, а именно, УЗИ выявило 70-75% стеноз правой ВСА, ДСА – 82% и 3D РА – 90%. Также при 3D РА выявлен стеноз офтальмического сегмента супраклинойдного отдела правой ВСА.

Клинический пример 2

Больной Т., возраст: 37 лет. Рост(см) = 180. Вес(кг) = 98.

Жалобы: на слабость, онемение левых верхней и нижней конечности, постоянные головные боли, головокружения, пошатывание при ходьбе, повышение АД до 200/100 (адаптирован к 140/80) мм.рт.ст. Перенёс ОНМК в бассейне правой ВСА, с левосторонним гемипарезом.

УЗИ: окклюзия правой ВСА, стеноз левой ВСА до 80%, диагноз подтвержден данными КТ ангиографии.

ЭхоКГ: КДО 119мл, КСО 38мл, ФВ 68%. Зон гипокинезии миокарда ЛЖ не выявлено. ТК регургитация до 1ст. РД в ПЖ 23мм.рт.ст. АК, МК - б/о. Аорта восх 33мм.

АКГ: Ангиография БЦА: при тугом контрастировании дуги аорты определяется: БЦА от дуги аорты отходят тремя стволами: БЦС, левая ОСА и левая подключичная артерия. Справа: ОСА и НСА без гемодинамически значимых стенозов. ВСА от устья окклюзирована. ПА без видимых гемодинамически значимых сужении. Слева: ОСА и НСА без гемодинамически значимых стенозов. ВСА в п/3 стенозирована. ПА не визуализируется. Левая ПкА в п/3 стенозирована до 40-45%.

При ротационной, трехмерной селективной ангиографии левой ОСА визуализируется ВСА в п/3 сужена до 99%, удовлетворительное заполнение левой ПМА и СМА и слабое контрастирование правой СМА по перетокам из системы левой НСА.

Диагноз до операции: Атеросклероз. Окклюзия правой ВСА. Критический стеноз левой ВСА. Окклюзия левой ПА. Стеноз левой ПкА. Состояние после

ОНМК с левосторонним гемипарезом. Артериальная гипертензия 3ст, риск 4. НК1.

Название операции: Каротидная эндартерэктомия слева с пластикой ксеноперикардиальной заплатой в условиях временного шунта.

Результаты ангиографии:

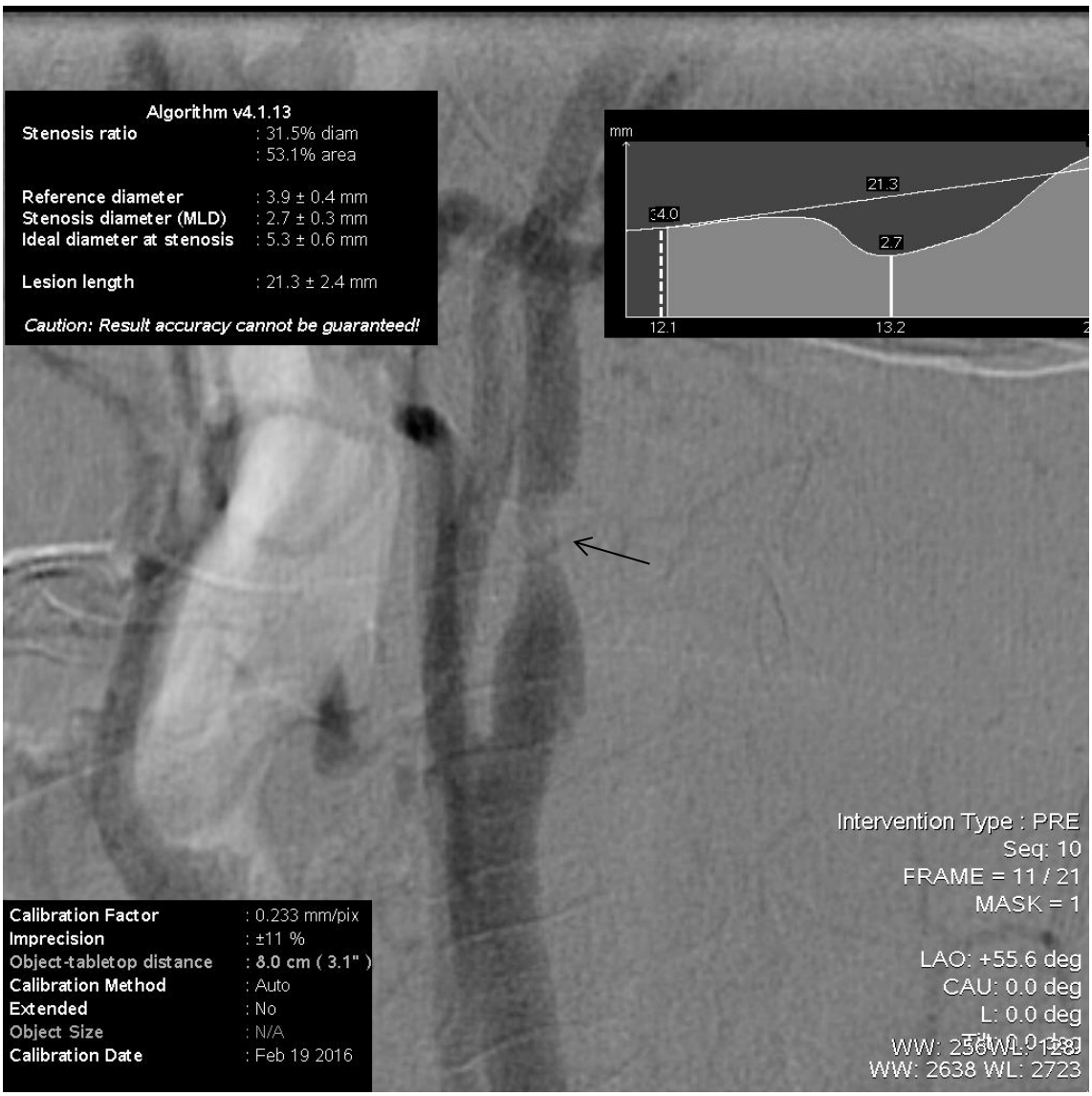


Рис. 35. ДСА сонных артерий от дуги аорты (LAO 55º) (КС: V=35 мл, v=16 мл/с; DAP=653 cGy*cm^2).

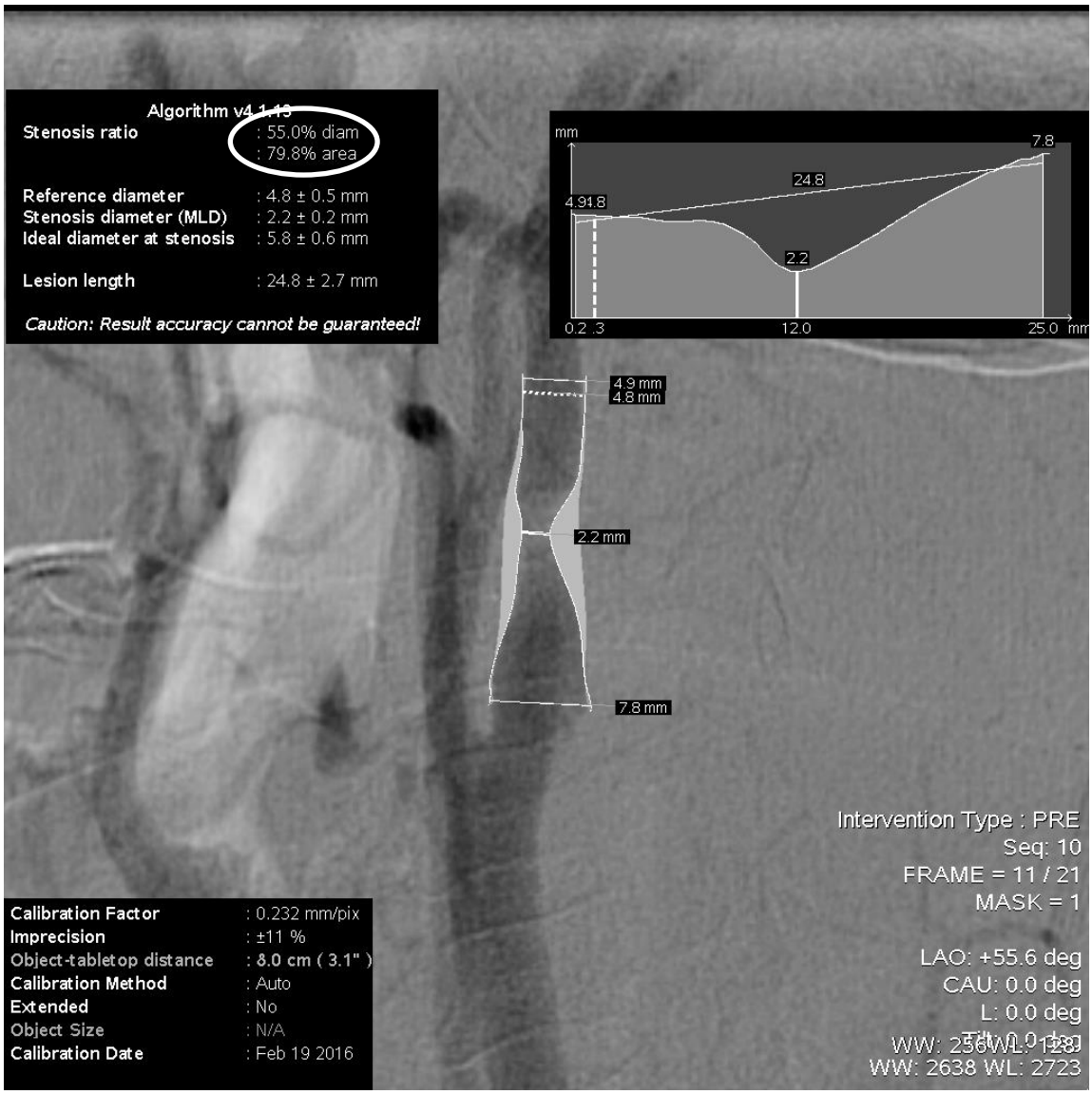


Рис. 36. ДСА сонных артерий от дуги аорты (LAO 55º) (КС: V=35 мл, v=16 мл/с; DAP=653 cGy*cm^2).

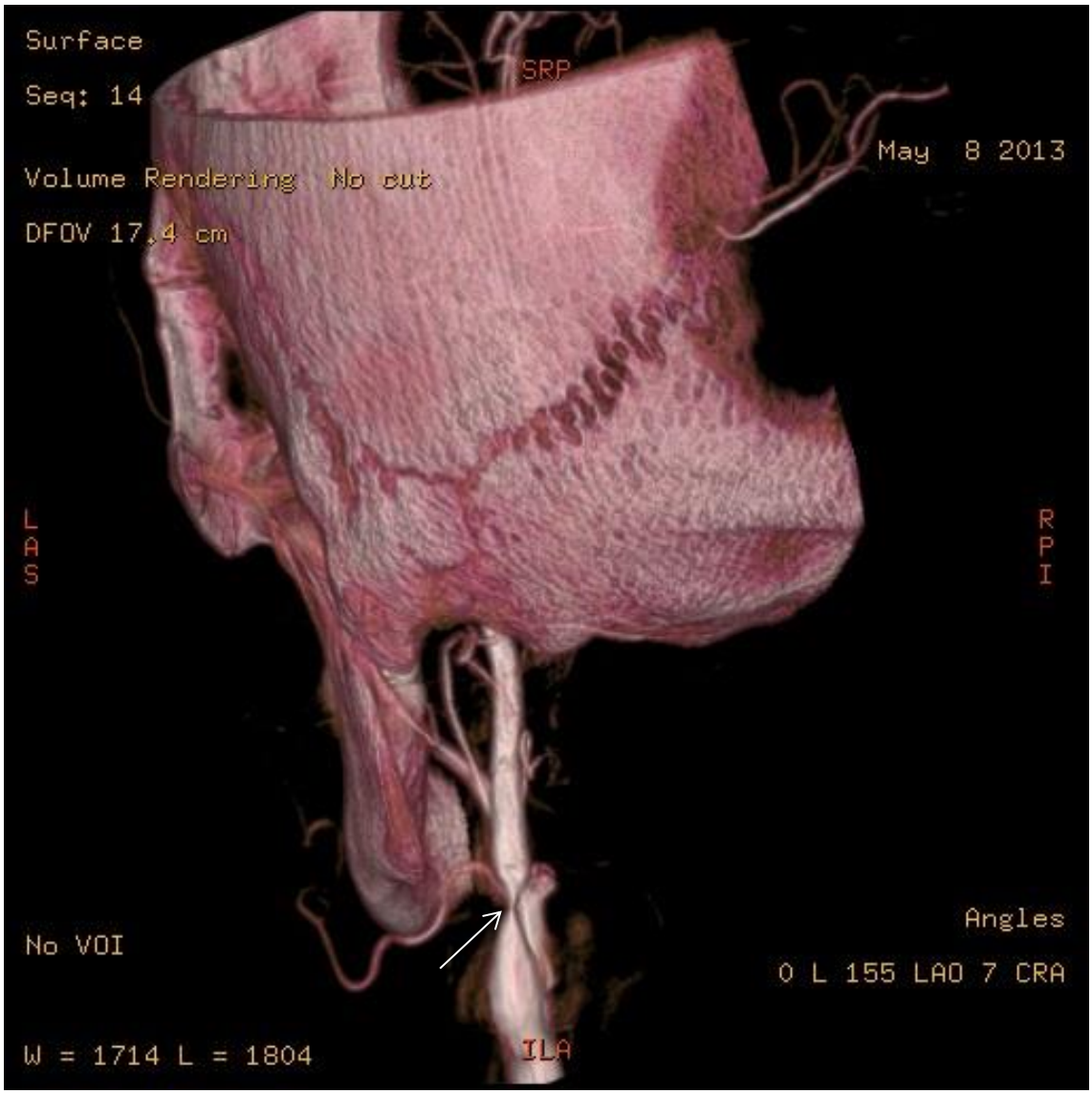


Рис. 37. 3D PA левой ОСА (LAO 155º Cran 7º) (КС:V=15 мл,v=2,5 мл/с; DAP=721 cGy*cm^2).

В данном примере мы наблюдаем различия в интерпретации степени стеноза ВСА, а именно, УЗИ выявило 80% стеноз левой ВСА, ДСА – 80% и 3D PA – 99%.

Клинический пример 3

Больной К., возраст: 72 года, Рост(см) = 182. Вес(кг) = 97. BSA = 2,23. BMI = 719,01. Индекс массы тела = 29,28.

Диагноз: Атеросклероз. Патологическая извитость обеих ПА. Стеноз обеих ВСА. ДЭП 1 степени. Умеренный аортальный стеноз. Нарушения ритма сердца : пароксизмальная форма фибрилляции предсердий, СССУ. АГ 3 степени, риск 4. НК1. ФК-1.

Сопутствующие заболевания:

Состояние после удаление эпидуральной гематомы на уровне L4-5 слева. Антральный, поверхностный, очаговый гастрит.

Жалобы: на общую слабость, недомогание, головные боли, головокружения, похудание на 10 кг, аритмичное сердцебиение.

ЭКГ: ритм синусовый, ЧСС 70 уд . в мин.

ЭхоКГ: ПП: 42 х 46 мм. Левое предсердие: 40 х 45 мм. Перикардиальный выпот: отсутствует. Толщина МЖП в диастолу=1,5 см. Толщина задней стенки в диастолу=1,3 см. Аорта: диаметр=3,9 см, стенки плотные с вкл. кальция. ЛЖ: КСО=56 см. УО=85 мм. КДО=141 мл. ФВ=59 %. зон гипокинезии миокарда не выявлено. ПЖ: расчетное СД - 29 мм рт.ст. Ао. клапан: Створки - умеренный фиброз и краевой кальциноз, систолическое раскрытие снижено. ФК: размер=23 мм. ГД макс.=20 мм.рт.ст. Регургитация=1(+). МК: Створки подвижные, уплотнены. ФК: размер=32 мм Регургитация=1(+). ТК: Створки подвижные. Регургитация=1(+).

УЗИ: Справа: ПА: извитость и экстравазальная компрессия. ОСА. ВСА. НСА: стеноз в области бифуркации 45% с переходом на ВСА пролонгированная 2,0 см гладкая, гиперэхогенная АСБ.

Слева : ПА: извитость в устье. ОСА. НСА.. ВСА: стеноз в области бифуркации 45% с переходом на ВСА 72% , гиперэхогенная АСБ.

АГ БЦА: При тугом контрастировании дуги аорты визуализируется: БЦА отходят от дуги аорты тремя основными стволами. Правая ПА в первом сегменте S-образно извита. Правая ОСА в первом сегменте С-образно извита, без гемодинамически значимых сужении. Правая НСА без гемодинамически значимых сужении. Правая ВСА в устье сужена до 50-55%. Левая ОСА в первом сегменте С-образно извита, в области бифуркации сужена до 55%, с вовлечением устья ВСА. Левая ВСА в устье сужена до 95%. Левая НСА без гемодинамически значимых сужении. Левая ПА в первом сегменте S-образно извита.

Результаты ангиографии:

Рис. 38. 3D РА левой ОСА (LAO 85º) (КС: V=15 мл, v=2,5 мл/с; DAP=703 cGy*cm^2).

В данном примере мы наблюдаем различия в интерпретации степени стеноза ВСА, а именно, УЗИ выявило 72% стеноз левой ВСА и по данным 3D РА – 95-99%.

3.2.4. Сравнение данных поражения сонных артерий полученных методами 3D РА и УЗИ

Всем пациентам (n=79) было выполнено ультразвуковое исследование сонных артерий и по полученным результатам была выполнена 3D ротационная ангиография 132 сонных артерий. Все исследованные сонные артерии были распределены на группы по степени стеноза, извитостям и инракраниальному поражению.

Так как всем пациентам перед выполнением ангиографического исследования было выполнено УЗИ сонных артерий, результаты были рспределены следующим образом в таблице 9.

Таблица 9.

Распределение результатов поражений сонных артерий по категориям полученных методом УЗИ.

Поражение и степень стеноза СА	**Количество артерий (n)(%)**
Стенозы 0-29%	17 (12,9%)
Стенозы 30-49%	19 (14,4%)
Стенозы 50-69%	27 (20,4%)
Стенозы 70-94%	41 (31,0%)
Стенозы 95-99%	8 (6,1%)
Окклюзии	12 (9,1%)
Извитости	5 (3,8%)
Интракраниальные поражения	3 (2,3%)
Всего	132

По результатам выполненной УЗИ: 17 артерий (12,9%) попали в категорию от 0-29% стенозов СА, 19 артерии (14,4%) были определены в

категорию от 30-49%, 27 артерий (20,4%) вошли в категорию 50-69%, к категории 70-94% отнесли 41 артерию (31,0%), в категорию 95-99% вошло 8 артерий (12,9%), окклюзии были обнаружены в 12 случаях (9,1%), извитость выявлена в 5 артериях (3,8%) и интракраниальные поражения выявлено в 3 случаях (2,3%).

Мы сравнили эти результаты УЗИ с данными 3D РА представленные в главе 3.2.2. таблице 5.

Полученные результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10.

Распределение результатов поражений сонных артерий по категориям полученных методами 3D РА и УЗИ.

		3D РА								
		0-29%	**30-49%**	**50-69%**	**70-94%**	**95-99%**	**Оккл.**	**Изв.-ть**	**Интракр.**	**Всего**
У З И	**0-29%**	3	3	6			1		4	**17**
	30-49%	6	7	6						**19**
	50-69%		12	15						**27**
	70-94%			3	29	9				**41**
	95-99%					8				**8**
	Оккл.						12			**12**
	Изв.-ть							5		**5**
	Интракр.								3	**3**
	Всего	**9**	**22**	**30**	**29**	**17**	**13**	**5**	**7**	**132**

По данным 3D РА из 9 сонных артерий отнесенных к категории 0-29% только в 3 случаях диагностирована аналогичная степень стеноза, а в 6 случаях УЗИ выявила больший процент стеноза (30-49%). В категории 30-49% совпадение диагнозов составило 7 исследованных сонных артерий, в 3 случаях УЗИ выявило меньшую степень стеноза (0-29%) и в 12 случаях большую степень стеноза (50-69%). Из 30 случаев исследованных артерий относящихся по данным 3D РА к категории 50-69%, совпадение с данными УЗИ выявили в 15 случаях, в 6 случаях ультразвуковое исследование определило степень стеноза меньше на 1 категорию (30-49%), еще в 6 случаях меньше степень

стеноза на 2 категории (0-29%) и в 3 случаях больше на 1 категорию (70-94%). В категории 70-94% во всех 29 случаях степень стенозов сонных артерий выявленных методом 3D РА совпали с данными УЗИ. В 17 случаях поражения сонных артерий с критическими стенозами 90-95% по данным 3D РА, совпадение с предоставленными данными УЗИ было выявлено только в 8 артериях, в 9 случаях УЗИ диагностировали стенозы меньшей категории (70-94%). Из 13 окклюзий сонных артерий, полное совпадение составило в 12 случаях, одна окклюзия не была выявлена методом УЗИ. Все 5 случаев извитостей сонных артерий выявленных методом 3D РА совпали с данными УЗИ. Из 7 исследованных сонных артерий с интракраниальными поражениями по данным 3D РА, совпадение результатов было отмечено в 3 случаях. УЗИ оказалось неинформативным и не диагностировало 2 аневризмы передней соединительной артерии и аневризму восходящего сегмента кавернозного отдела ВСА и в 2 случаях не выявило стенозы интракраниальных отделов ВСА (рис. 39).

Таким образом данные предоставленные методом УЗИ по поражениям сонных артерий совпали с данными 3D РА в 62,1% случаев (рис. 40).

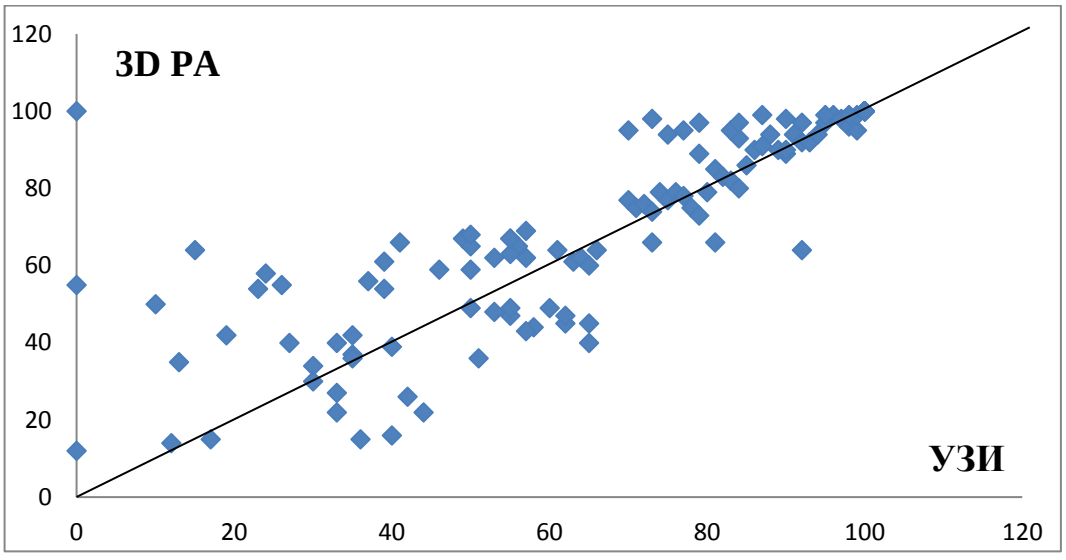


Рис. 39. Диаграмма распределения данных степени стенозов ВСА полученных методами УЗДГ и 3D РА.

Таблица 11.

Определение частоты совпадений поражения сонных артерий, диагностированных методами 3D РА и УЗИ.

Совпадение	**Частота (n)**	**Процент (%)**	**t_c**
Наличие	82	62,1	p<0,05
Отсутствие	50	37,9	

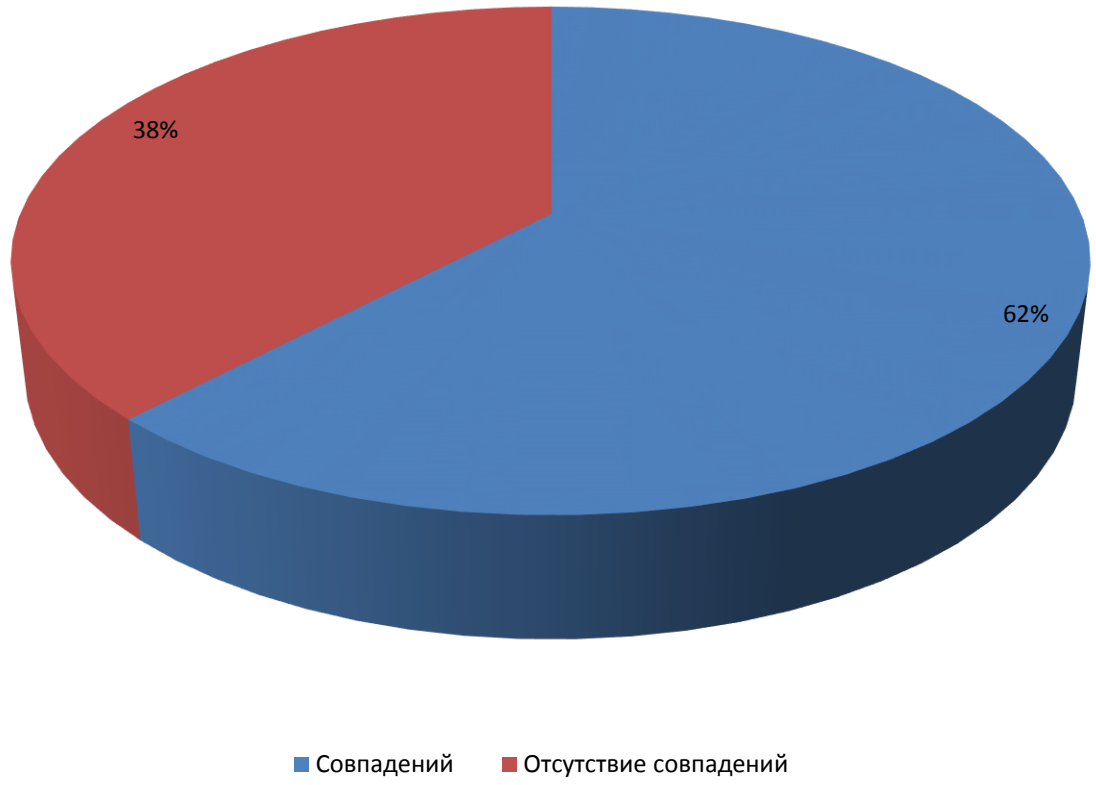


Рис. 40. Процент совпадений во всех категориях поражения сонных артерий определенных методами 3D РА и УЗИ.

При анализе данных поражения сонных артерий определенных методами 3D РА и УЗИ выявлены статистически значимых различия (таблица 11).

Нами были проанализированы категории поражений сонных артерий, в которых отмечались различия данных методов диагностики (Таблица 12).

Таблица 12.

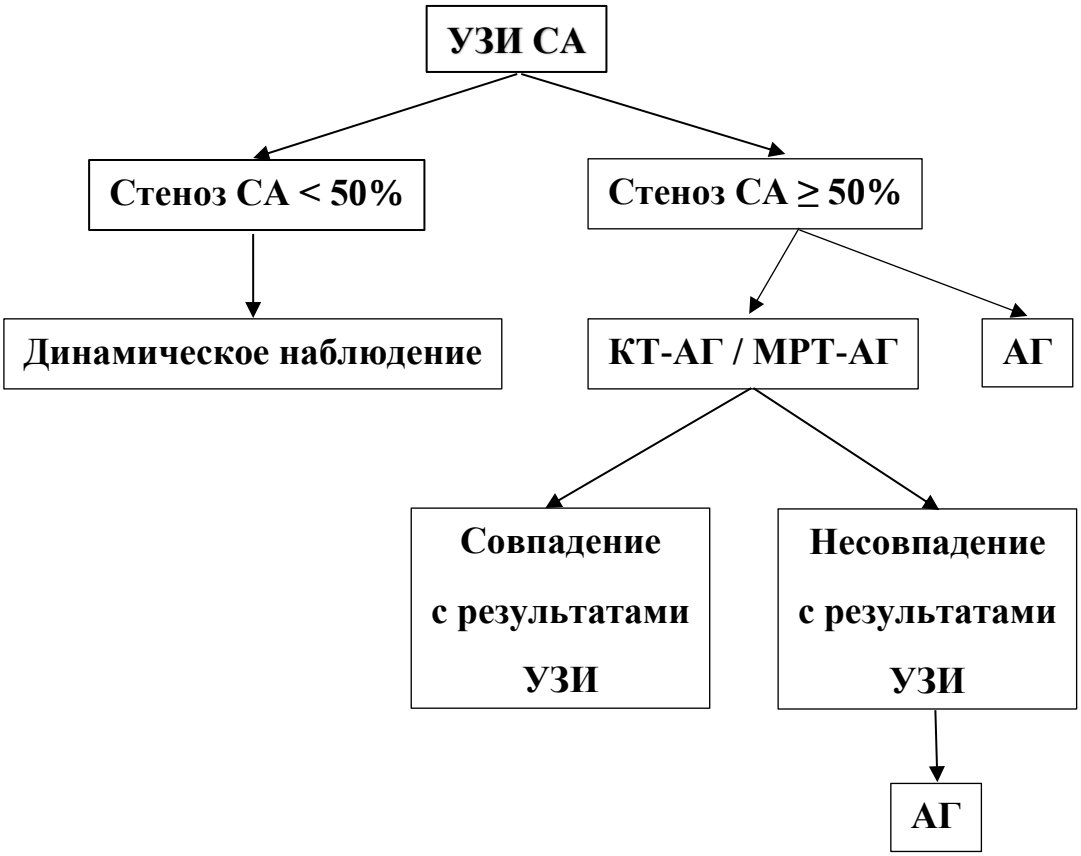
Определение частоты совпадений поражения сонных артерий, диагностированных методами 3D РА и УЗИ в категориях по степени стеноза.

Категория	**Совпадение**	**Частота (n)**	**Процент (%)**
0-29%	Наличие	3	33,3
	Отсутствие	6	66,7
30-49%	Наличие	7	31,8
	Отсутствие	15	68,2
50-69%	Наличие	15	50,0
	Отсутствие	15	50,0
70-94%	Наличие	29	100
	Отсутствие	0	0
95-99%	Наличие	8	47,1
	Отсутствие	9	52,9
Окклюзия	Наличие	12	92,3
	Отсутствие	1	7,7
Интракраниальное поражение	Наличие	3	42,9
	Отсутствие	4	57,1

Из таблицы видно, что самые существенные различия в диагнозе с высоким процентом отсутствия совпадений, более 50%, наблюдается в категориях 0-29%, 30-49%, 50-69%, 95-99% и при интракраниальном поражении сонных артерий. В категории 0-29% составляет 66,7% несовпадений диагноза, в категории 30-49% это показатель составляет 68,2%, в категории 50-69% процент несовпадения диагноза составляет 50%, в категории 95-99% составляет 52,9% и в категории интракраниальных

поражений процент несоответствия диагнозов составляет 57,1%. В категории окклюзий процент несовпадений составил 7,7%.

3.3. Алгоритм диагностики поражения сонных артерий



Алгоритм ангиографического исследования сонных артерий.

1. ДСА дуги аорты (левая косая проекция) для определения отхождения БЦА от дуги аорты и визуализации проксимальных сегментов БЦА;
2. 3D РА БЦС (Правая ОСА, правая ВСА и НСА, правая позвоночная артерия);
3. 3D РА левой ОСА (левая ОСА, левая ВСА и НСА);
4. 3D РА левой позвоночной артерии.

Полученные данные обрабатываются на рабочей станции с получением трехмерных изображений и КТ-срезов. Для оценки гемодинамики (Виллизиев круг) 3D-изображения совмещаются с помощью специального клинического приложения.

Алгоритм ангиографического исследования сонных артерий может быть сокращен в зависимости от первичных данных полученных с помощью неинвазивных методик и задач исследования.

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ

Больше половины ишемических инсультов связаны со стенозами и деформациями сонных артерий. Атеросклеротическое поражение сонных артерий – патология, коррекция которой возможна только хирургическим путем. Выбор метода хирургической коррекции зависит от данных, получаемых при клиническом обследовании больных. Особое значение при определении показаний к хирургическому лечению имеют неинвазивные методы диагностики такие как ультразвуковое исследование и современные высокотехнологичные нейрорадиологические методы — КТА, МРА. В любом случае, диагностика стенозов сонных артерий должна начинаться с УЗ - исследования. Далее может выполняться либо МРА, либо КТА. В случае качественного выполнения этих исследований и совпадения их данных решение о хирургическом лечении может приниматься без рентгеноконтрастной ангиографии. В случае противоречий в данных исследований или недостаточной визуализации артерий, выполнение рентгеноконтрастной ангиографии остается обязательным [2, 40].

Препятствиями для ангиографии, как метода скрининга, являются расходы и риски. Инсульт – самое опасное осложнение, частота которого менее 1%, когда исследование выполняется опытным специалистом [2, 45, 47, 48, 51, 64, 68, 69, 84]. По данным ACAS71, в нескольких центрах отмечались существенно более высокие показатели инсульта (1,2%), как осложнения при диагностической ангиографии. Частота осложнений в других исследованиях была существенно ниже [58], и большинство авторов считают уровень инсульта более 1% неприемлемым при диагностической ангиографии [21]. Ангиография может быть предпочтительным методом диагностики поражений экстракраниальных артерий при ожирении, нарушении функции почек, или когда присутствие магнитно-металлической конструкции делает КТА или МРА технически невозможной или неинформативной [2].

Тем не менее, в течении длительного времени «золотым стандартом» обследования больных с поражением сонных артерий была и остается АГ. Исключительная ценность ангиографического исследования заключается не только в оценке анатомо-морфологических особенностей поражения сонных артерий, но и оценка гемодинамики.

В нашей работе проведен анализ сопоставления результатов поражения сонных артерий полученных при использовании УЗ - исследования, ДСА и 3D РА, а также сопоставление результатов лучевой нагрузки (DAP), объема контрастного средства и рентгеновского времени при использовании ДСА и 3D РА.

В результате проведенного сопоставления мы выявили, что совпадение степени стеноза при диагностике сонных артерий методом ДСА и 3D РА составило 90,9%. Несмотря на то, что наибольшие отличия наблюдались при выявлении окклюзий и критических стенозов (95-99%), что составило 15,4 и 23,5% соответственно и почти половина интракраниальных поражений, а именно 42,9% не были диагностированы методом ДСА, эти различия оказались статистически не значимыми. Эти данные совпадают с результатами приведенными Derek E. Hyde и соавт (2004); Н.Н. Малиновский и соавт. (2011) [11, 46].

Несмотря на статистически не значимые различия в сопоставлении данных по поражению сонных артерий, клинически это является значимым. Учитывая выявленную нами тенденцию в занижении степени стеноза и возможную ошибку в интерпретации, связанную с низкой вероятностью выбора идеальной проекции при выполнении ДСА, в каждом конкретном случае, может влиять на выбор тактики лечения и сроков ее выполнения. Оперативное лечение стенозов сонных артерий абсолютно показано у симптомных пациентов со стенозами более 60% (NASCET), а с учетом морфологической нестабильности атеросклеротической бляшки (изъязвление, кровоизлияние в бляшку, флотация интимы, пристеночный тромб) с учетом

неврологической симптоматики – ТИА или инсульт в течение последних 6 месяцев, выполнение каротидной эндартерэктомии возможно у пациентов со стенозом ВСА от 50 до 60% [2].

Таким образом, по нашим данным два случая из 30 пораженных сонных артерий с диагностированным стенозом в категории 30-49% методом ДСА не были бы подвергнуты хирургическому лечению. Данные пациенты при исследовании этих же артерий методом 3D РА, оказались в категории со степенью стеноза 50-69%, что требует хирургического лечения. Для бессимптомных пациентов, показанием для каротидной эндартерэктомии является стенозы сонных артерий от 70 до 99% если операционный риск составляет менее 3% [2]. В нашей работе из 46 исследуемых сонных артерий (категории 70-94% и 95-99% по данным 3D РА), в двух случаях при определении степени стеноза методом ДСА, были отнесены к категории 50-69%. В случае бессимптомного клинического течения у данных пациентов, такая ошибка в интерпретации диагноза, могла бы изменить тактику лечения.

Преимуществом метода 3D РА является также оценка интракраниальных отделов и выявление стенотических поражений и интракраниальных аневризм. По нашим данным почти в полови случаев (42,9%) ДСА оказалось неинформативным. Эти результаты совпадают с данными литературы о ценности метода 3D РА в диагностике и лечении интракраниальных аневризм [22, 36, 79, 109, 121]. В отношении извитости сонных артерий в обоих методах данные совпали. Однако, хотим отметить прекрасную пространственную анатомическую визуализацию метода 3D РА в сравнении с ДСА, и топографическую анатомию по отношению к костным структурам.

При сопоставлении результатов сопоставления определения степени стеноза сонных артерий методом УЗИ и 3D РА нами выявлено, что различия составили 37,9% и эти данные оказались статистически значимыми.

Учитывая национальные рекомендации по показаниям к хирургическому лечению стенозов сонных артерий, по нашим данным в 12 случаях из 30 пораженных сонных артерий с диагностированным стенозом в категориях 0-29% и 30-49% методом УЗИ, а при исследовании этих же артерий методом 3D РА, оказались в категории со степенью стеноза 50-69%, что требует хирургического лечения. При оценке интракраниальных отделов сонных артерий, по нашим данным, в более половине случаев (57,1%) УЗИ оказалось неинформативным.

Неинвазивность метода УЗИ, отсутствие воздействия ионизирующего излучения и потенциально нефротоксичного контрастного вещества, выполненное хорошо подготовленными, опытными специалистами обеспечивает точное и относительно недорогое исследование сонных артерий, хотя результаты сильно различаются между лабораториями и исследователями, определения степени стеноза внутренней сонной артерии в сравнении с обычной ангиографией [2, 20, 59, 75, 88, 94, 97]. В любом случае, диагностика стенозов сонных артерий должна начинаться с УЗИ. Далее может выполняться либо МРА, либо КТА. В случае качественного выполнения этих исследований и совпадения их данных решение о хирургическом лечении может приниматься без рентгеноконтрастной ангиографии. В случае противоречий данных исследований или недостаточной визуализации артерий, выполнение рентгеноконтрастной ангиографии остается обязательным [2, 40].

Одной из актуальных проблем в использовании рентгеноконтрастной ангиографии, относится обеспечение радиационной безопасности пациентов и персонала. Это обусловлено значительным ростом частоты проведения подобных исследований. По данным Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и Научного комитета ООН по действию атомной радиации, средняя годовая эффективная доза от медицинского облучения на каждого жителя Земли возросла с 0,3 мЗв в 1993 году до 0,64 мЗв в 2008 году

[73]. При этом основной вклад в увеличение средней эффективной дозы обусловлен все более широким применением различных рентгенологических процедур, прежде всего КТ и рентгеноконтрастной ангиографии.

В соответствии с основной концепцией медицинского облучения [14] при проведении любых интервенционных процедур необходимо обеспечить получение диагностически достоверной информации и (или) клинически выраженного терапевтического эффекта при минимально возможном облучении больного. Специфика интервенционных процедур состоит в том, что уровни лучевой нагрузки на пациентов значительно превышают таковые для всех остальных видов лучевой диагностики и ядерной медицины, причем в ряде случаев они могут обусловить клинически выраженные радиационно-индуцированные поражения [12].

При интервенционных процедурах наибольшую опасность представляет собой облучение кожи пациента, особенно со стороны расположения рентгеновского излучателя. Все возникающие радиационно-индуцированные поражения кожи относятся к так называемым детерминированным эффектам радиационного воздействия, которые характеризуются тем или иным дозовым порогом. Его величина зависит от типа поражения и индивидуальной радиочувствительности пациента. Если полученная входная кожная доза превышает порог, то выраженность и степень тяжести поражения монотонно возрастают с величиной дозы, хотя тяжесть того или иного поражения часто становится ясной только через несколько недель и даже месяцев после облучения при интервенционных процедурах [12].

Существуют три специфические дозиметрические величины, которые часто используются в рентгеноконтрастной ангиографии для оценки лучевой нагрузки на пациента и, в меньшей степени, на персонал [12]:

- Кумулятивная доза (CD);
- Входная кожная доза (ESD);

- Произведение дозы × площадь поверхности тела (DAP).

В нашей работе при сравнении данных лучевой нагрузки в диагностике поражений сонных артерий нами установлено, что значение DAP при использовании селективной ДСА в среднем составляет 1162,54±28,23 cGy*cm^2, а этот же показатель для 3D РА составляет 748,41±15,20 cGy*cm^2 и эти различия были статистически значимыми ($p<0,05$). Эти данные совпадают с результатами J.Biederer и соавт. (1999), Beth A. Schueler и соавт. (2005), Virginia Tsapaki и соавт. (2008), Н.Н. Малиновский и соавт. (2008) [11, 27, 29, 118].

Несмотря на появление новых и безопасных йодсодержащих контрастных средств, риск развития контраст-индуцированной нефропатии остается одной из важных проблем. Контраст-индуцированная нефропатия (КИН) определяется как уменьшение скорости клубочковой фильтрации (СКФ) после введения йодированного контрастного средства. После проведения ангиографии частота КИН составляет 9% [77]. Функционально КИН считается острым повреждением почек (ОПП), как правило, с сохраняющимся диурезом, но в тяжелых случаях может развиться острый тубулярный некроз с развитием острой почечной недостаточности (ОПН). После внутрисосудистого введения КС при развитии КИН может наблюдаться повреждение почечной паренхимы, но явные клинические проявления в большинстве случаев отсутствуют. Тем не менее выделительная функция почек ухудшается, и после данной процедуры в течение нескольких дней уровень сывороточного креатинина (СК) может увеличиться. Большинство авторов расценивают КИН после ангиографии как относительное (≥25%) или абсолютное (≥44 мкмоль/л) повышение СК по сравнению с исходным [102]. СК обычно поднимается в течение первых 24-48 часов после экспозиции КВ, достигает пика на 3–5-й день и возвращается к обратным значениям в течение 1-3 недель. Анализ последних крупных рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) показал, что после ангиографии частота КИН колеблется

от 1 до 20% [19, 31, 34, 35, 102, 114]. Увеличение СК после ангиографии коррелирует с плохим прогнозом пациента, независимо от начальной функции почек. Даже умеренное повышение СК (на 10-24% или 25-35 мкмоль/л) связано с увеличением 30-дневной смертности [41].

Учитывая важность проблемы применения контрастных средств, нами проведено исследование по сравнению объемов их использования в ангиографической диагностике сонных артерий. Результаты применения контрастных средств по нашим данным составили в среднем при селективной ДСА - 20,07±2,58 мл, а при 3D РА – 14,59±1,65 мл, при этом статистически значимых различий не выявлено ($p>0,05$). К такому же выводу пришли Малиновский и соавт. (2008) [11]. Несмотря на статистически незначимые различия, вопрос уменьшения объема контрастного средства является важным у пациентов с компрометированными функциями почек и в аспекте общего объема рентгеноконтрастного исследования.

Сопоставляя данные нашего исследования, рентгеновское время в среднем при селективной ДСА составило 13,95±1,40 секунд, а при 3D РА – 6,02±0,42 секунд и было выявлено наличие статистически значимых различий ($p<0,05$). Аналогичные результаты описаны в работе Virginia Tsapaki и соавт. (2008) [119].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение многих десятилетий метод рентгеноконтрастной ангиографии оставался «золотым стандартом» в исследовании пациентов с поражением сонных артерий. Первое появление данного метода датируется 1927 годом, когда E.Moniz и его ученик Almeida Lima впервые выполнили ангиографию сонных артерий на живых людях [81]. В СССР первое ангиографическое исследование периферических артерий у человека было произведено в 1930г. В.В. Крестовским [9].

Совершенствование метода рентгеноконтрастной ангиографии в 90-е годы прошлого столетия, привело к возникновению и применению в клинической практике метода дигитальной субтракционной ангиографии, которая с успехом применялась и стала основным методом диагностики поражений сонных артерий [6].

Следующим этапом развития эндоваскулярной диагностики стало исследование сосудов различных областей принципиально новым методом – ротационной ангиографией. [50, 83, 104, 123]. Впервые ротационная ангиография артерий головного мозга была предложена G.Cornelis с соавторами в 1972г. [42] а уже в 1975г. она была введена в клиническую практику K.Voigt et al. [111, 116, 123].

Развитие компьютерных технологий позволило введение в клиническую практику принципиально нового качественного уровня получения и обработки ангиографических изображений. В 1997г. R. Fahrig с соавторами впервые использовали в клинике компьютерную ротационную ангиографию [56]. Тогда же появилось множество работ целью которых являлось определение диагностических возможностей 3D ротационной ангиографии (3D РА) в выявлении выраженных стенозов ВСА по сравнению с обычной ДСА.(Otto E.H. Elgersma and al.(1999) [96].

В нашем исследовании полученные данные позволяют нам сделать заключение, что УЗИ является прекрасным скрининговым методом в исследовании сонных артерий, всегда нуждающимся в дополнительном методе исследования, неинвазивных – КТА или МРА, или инвазивной рентгеноконтрастной ангиографии. Исследуя методы ДСА и 3D РА в оценке поражения сонных артерий явными преимуществами обладает 3D РА. Таким образом, на сегодняшний день 3D РА позволяет провести наиболее полный анализ сосудистого русла и дает возможность:

- Более точно изучить топографическую анатомию, объем и характер поражения;
- Визуализировать анатомию зоны исследования с минимальной погрешностью;
- Провести с высокой точностью необходимые измерения на диагностическом и хирургическом этапах в условиях операционной;
- Снизить количество контрастного средства за счет однократного введения рассчитанного объема;
- Уменьшить лучевую нагрузку на пациента и персонал за счет единственной серии ротационной ангиографии;
- Сократить рентгеновское время исследования;
- Определить тактику предстоящего общехирургического или эндоваскулярного вмешательства в предоперационном периоде;
- Возможность выполнения качественного исследования не только хорошо подготовленными и опытными специалистами, но и специалистами с малым опытом работы.

Отделения НЦССХ им.А.Н.Бакулева располагают необходимой современной диагностической аппаратурой, такой как ультразвуковые аппараты, компьютерные томографы, в том числе МРТ и ангиографические комплексы, для исследования поражений сонных артерий.

При выполнении ангиографического исследования у пациентов с поражением сонных артерий, мы рекомендуем использование 3D РА вместо селективной ДСА для улучшения визуализации и качества исследования.

ВЫВОДЫ

1. Трехмерная селективная ротационная ангиография является высокоинформативным методом диагностики патологии сонных артерий, как экстракраниальных так и интракраниальных отделов и позволяет правильно определить тактику хирургического лечения.
2. Изучение оценки поражения сонных артерий методом трехмерной селективной ангиографии показало преимущество данного метода над стандартным селективной дигитальной субтракционной ангиографией с наибольшим процентом несовпадений при выявлении окклюзий и критических (95-99%) стенозов в 15,4% и 23,5% и при интракраниальных поражениях в 42,9% случаях.
3. Использование трехмерной селективной ротационной ангиографии сонных артерий в сравнении с селективной дигитальной субтракционной ангиографией, позволяет более чем в 1,5 раза снизить лучевую нагрузку на пациента и персонал, сократить более чем в 2 раза рентгеновское время исследования и уменьшить объем вводимого контрастного средства более чем на 25%.
4. Диагностические возможности ультразвукового исследования не всегда достаточны для получения точных данных о поражении сонных артерий в отличие от трехмерной селективной ротационной ангиографии.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для определения точной анатомии, объема и характера поражения с минимальной погрешностью, провести с высокой точностью морфометрические количественные измерения при исследовании поражений сонных артерий рекомендуется использовать метод 3D РА, на основании которого производится выбор тактики хирургического лечения.
2. Рекомендуется использование 3D РА в алгоритме диагностики поражения сонных артерий, которая позволяет определить идеальную проекцию сонной артерии в пространстве.
3. Для снижения количества контрастного средства, уменьшения лучевой нагрузки на пациента и персонал и сокращения рентгеновского времени исследования рекомендуется применение метода 3D РА.
4. Для расчета объема введения контрастного средства мы рекомендуем пользоваться формулой: $\mathbf{V_{кс} = v * (t_з + t_с) – v}$, где $V_{кс}$ – общий объем КС, мл; v - скорость введения КС, мл/сек; $t_з$ - задержка сканирования, сек; $t_с$ - время сканирования, сек.
5. Пациентам с диагностированной извитостью сонных артерий методом УЗИ, для уточнения анатомо-топографических особенностей в режиме пространственной визуализации рекомендуется выполнение 3D РА.
6. При отсутствии или не совпадении результатов диагностики УЗИ и КТА/МРТ рекомендуется алгоритм исследования поражений сонных артерий УЗИ и 3D РА.
7. Для планирования, выполнения и контроля качества процедуры стентирования сонных артерий рекомендуется выполнение 3D РА.
8. Метод 3D РА доступен для выполнения качественного исследования не только хорошо подготовленными и опытными специалистами, но и специалистами с малым опытом работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокерия, Л.А. Сердечно-сосудистая хирургия – 2010. – Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. / Л.А. Бокерия, Р. Г. Гудкова – М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2011. – 192 с.
2. Бокерия, Л.А. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий / Л.А. Бокерия, А.В. Покровский, Г.Ю. Сокуренко - М.: 2013 – 13 с.
3. Вераксич Ю.Л. Дигитальная субтракционная ангиография артерий почек и нижних конечностей. Новости лучевой диагностики: 1999, 1, 31 с.
4. Верещагин, Н.В. Мозговое кровообращение Современные методы исследования в клинической неврологии / Н.В. Верещагин, В.В. Борисенко, А.Г. Власенко – М.: Интер-Вес., 2005, 208 с.
5. Вишнякова М.В., Ващенко А.В., Демидов И.Н., Гегенава Б.Б., Денисова Л.Б. Эндоваскулярное лечение сосудистой патологии с применением трехмерной навигации. Первый опыт. - Russian electronic journal of radiology: 2011, 1(3), 44-53 с.
6. Дуплянский, А.Л. - Компьютер и цифровые технологии в отделении лучевой диагностики / А.Л. Дуплянский - Учебное пособие. Кафедра лучевой диагностики Пензенского института усовершенствования врачей Пензенская региональная общественная организация "НОРМИС", 2004.
7. Евтеев, Ю.В. Селективная ангиография в диагностике врожденных пороков / Ю.В. Евтеев - Диссертация на соискание степени кандидата наук, 1969, 384 с.

8. Климов, В.П. Возможности ротационной дигитальной субтракционной ангиографии при исследовании аутовенозных аортокоронарных шунтов и коронарных артерий у больных ишемической болезнью сердца / В.П. Климов - Дисс. .канд. мед. наук. - М.: 2004, 102 с.

9. Крестовский В.В. Артериография на живом человеке. - Нов. хир. арх.: 1930, 22 (1), 68-80 с.

10. Лосев Р.З., Хачатрян А.М., Сизгунов Д.С. Каротидная эндартерэктомия при смешанной цереброваскулярной недостаточности - Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований: 2009, 3, 98-99 с.

11. Малиновский Н.Н., Сальников Д.В., Никеров К.Ю., Абрамов А.С. Трехмерная рентгеноконтрастная ротационная ангиография в диагностике заболеваний сосудов – Хирургия: 2008, 9, 4-7 с.

12. Наркевич Б.Я., Долгушин Б.И. Обеспечение радиационной безопасности в рентгеновской компьютерной томографии и интервенционной радиологии - REJR.: 2013, 3 (2), 9-10 с.

13. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Сан-ПиН 2.6.1.2523 – 09.

14. Орлов А.Е. Каротидная эндартерэктомия в профилактике ишемических инсультов - Вестник Самарского государственного университета: 2006, 6 (2), 195-199 с.

15. Покровский А.В., Белоярцев Д.Ф., Федоров Е.Е. Отдаленные результаты протезирования внутренней сонной артерии при атеросклеротическом поражении - Ангиология и сосудистая хирургия: 2009, 15 (4), 90-97 с.

16. Рейберг С.А. Рентгенологические методы исследования сосудов - Вестн. Рентгенол. и радиол.: 1925, 3, 83-84 с.

17. Скворцова, В. И. Ишемический инсульт / В.И. Скворцова, М.А. Евзельман - Орел, 2006, 404 с.

18. Суслина, З.А. Сосудистые заболевания головного мозга: Эпидемиология. Патогенетические механизмы. Профилактика / З.А. Суслина, Ю.Я. Варакин, Н.В. Верещагин - М.: 2009, 352 с.

19. Acetylcysteine for prevention of renal outcomes in patients undergoing coronary and peripheral vascular angiography: main results from the randomized Acetylcysteine for Contrast-induced nephropathy Trial (ACT) – Circulation: 2011, 124 (11), P. 1250-1259.

20. Alexandrov A.V., Ultrasound and angiography in the selection of patients for carotid endarterectomy - Curr Cardiol Rep: 2003, 5, P. 141-147.

21. American College of Radiology. Standard of the performance of diagnostic cervicocerebral angiography in adults. American College of Radiology Standards 2000-2001 - Reston, Va: American College of Radiology: 2000, P. 415-426.

22. Anxionnat R., Bracard S., Ducrocq X., et al. Intracranial aneurysms: clinical value of 3D digital subtraction angiography in the therapeutic decision and endovascular treatment – Radiology: 2001, 218, P. 799–808.

23. Anxionnat R, Bracard S, Macho J, et al. 3D Angiography - Clinical Interest. First Applications In Interventional Neuroradiology. - J Neuroradiol: 1998, 25, P. 251-262.

24. Ashina K. Clinical evaluation of biplane rotational DSA for intracranial diseases - Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi: 1994, 54 (13), P. 1225-1236.

25. Baert, L. Vascular Interventional Radiology. Angioplasty, Stenting, Thrombolisis and Trombectomy / Baert L., Cowling Mark G., 2007.

26. Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis – NEJM; 1998, 339, P. 1415-1425.

27. Beth A. Schueler, David F. Kallmes, and Harry J. Cloft. 3D Cerebral Angiography: Radiation Dose Comparison with Digital Subtraction Angiography - AJNR Am J Neuroradiol: 2005, 26, P. 1898 – 1901.

28. Bidaut L. M., Laurent C, Piotin M., et al. Second-generation three-dimensional reconstruction for rotational three-dimensional angiography - Acad Radiol.: 1998, 5 (12), P. 836-849.

29. Biederer J., Link J., Peter D., Kopp U., Heller M. Rotational digital subtraction angiography of carotid bifuracation stenosis - Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr.: 1999, 171, P. 283 – 289.

30. Bogousslavsky J, Van MG, Regli F. The Lausanne Stroke Registry: analysis of 1,000 consecutive patients with first stroke – Stroke: 1988, 19, P. 1083–1092.

31. Bolognese L., Falsini G., Schwenke C. et al. Impact of iso-osmolar versus low-osmolar contrast agents on contrast-induced nephropathy and tissue reperfusion in unselected patients with ST-segment elevation myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention (from the Contrast Media and Nephrotoxicity Following Primary Angioplasty for Acute Myocardial Infarction [Contrast-AMI] Trial) - Am J Cardiol.: 2012, 109 (1), P. 67-74.

32. Bonita R, Stewart A, Beaglehole R. International trends in stroke mortality: 1970–1985 – Stroke: 1990, 21, P. 989-992.

33. Bosanac Z., Miller R. J., Jain M. Rotational digital subtraction carotid angiography: technique and comparison with static digital subtraction angiography - Coin. Radiol.: 1998, 53 (9), P. 682-687.

34. Brar S.S., Shen A.Y., Jorgensen M.B, et al. Sodium bicarbonate vs sodium chloride for the prevention of contrast medium-induced nephropathy in patients undergoing coronary angiography: a randomized trial – JAMA: 2008, 300 (9), P. 1038-1046.

35. Briguori C., Airoldi F., D'Andrea D. et al. Renal Insufficiency Following Contrast Media Administration Trial (Remedial): a randomized comparison of tree preventive strategies - Circulation: 2007, 115 (10), P. 1211-1217.

36. Brinjikji W., Cloft H., Lanzino G., Kallmes D.F., et al. Comparison of 2D Digital Subtraction Angiography and 3D Rotational Angiography in the Evaluation of Dome-to-Neck Ratio - AJNR Am J Neuroradiol: 2009, 30, P. 831-834.

37. Brott T. G. et al. all. Guideline on the management of patients with extracranial carotid and vertebral artery disease: executive summary - J. Am. Coll. Cardiol.: 2011, 22, P. 1002-1044.

38. Bull JW. The history of neuroradiology - Proc R Soc Med.: 1970, 63, P. 637-643.

39. Bullitt E., Liu A., Aylward S. R., Coffey C, Stone J., Mukherji S. K, Muller K. E., Pizer S. M. Registration of 3D cerebral vessels with 2D digital angiograms: clinical evaluation - Acad. Radiol.: 1999, 6 (9), P. 539-546.

40. Chatuverdi, Ed. S. Carotid Artery Stenosis. Current and Emerging Treatments / Ed. S. Chatuverdi, P. Rothwell P. - Boca Rator: Taylor & Francis Group, LLC: 2005, P. 359.

41. Coca S.G., Peixoto A.J., Garg A.X. et al. The prognostic importance of a small acute decrement in kidney function in hospitalized patients: a systematic review and meta-analysis - Am J Kidney Dis.: 2007, 50 (5), P. 712-720.

42. Cornells G., Bellet A., Van Eygen B et al. Rotational multiple sequence roentgenography of intracranial aneurysms - Acta Radiology: 1972, 13, P. 74-76.

43. Dagi T.F. Neurosurgery and the introduction of cerebral angiography - Neurosurg Clin N Am.: 2001, 12, P.145–153.

44. Dámasio A.R. Egas Moniz, pioneer of angiography and leucotomy - Mt Sinai J Med.: 1975, 42, P. 502-513.

45. Davies K.N., Humphrey P.R. Complications of cerebral angiography in patients with symptomatic carotid territory ischaemia screened by carotid ultrasound - J Neurol Neurosurg Psychiatry: 1993, 56, P. 967-972.

46. Derek E. Hyde, PhD; Allan J. Fox, MD; Irene Gulka, MD; Paul Kalapos, MD; Don H. Lee, MD; David M. Pelz, MD; David W. Holdsworth, PhD, Internal Carotid Artery Stenosis Measurement.Comparison of 3D Computed Rotational Angiography and Conventional Digital Subtraction Angiography – Stroke: 2004, 35, P. 2776-2781.

47. Dion J.E., Gates P.C., Fox A.J., et al. Clinical events following neuroangiography: a prospective study – Stroke: 1987, 18, P. 997-1004.

48. Earnest F., Forbes G., Sandok B.A., et al. Complications of cerebral angiography: prospective assessment of risk - AJR Am J Roentgenol.: 1984, 142, P. 247-53.

49. Easton J.D., Wilterdink J.L. Carotid endarterectomy: trials and tribulations - Ann Neurol.: 1994, 35, P. 5-17.

50. Edwards, J.E. An atlas of congenital anomalies of the heart and great vessels / J.E. Edwards, Th.J. Dry, R.L. Parker, 1954.

51. Eisenberg R.L., Bank W.O., Hedgcock M.W. Neurologic complications of angiography in patients with critical stenosis of the carotid artery – Neurology: 1980, 30, P. 892-895.

52. Endo H., Shimizu T., Kodama Y., Miyamoto N., Uegaki S., Miyasaka K. Usefulness of three - dimensional (3D) recostructed images of renal arteries - Cardiovascular and Interventional Radiology: 2001, 24 (l), P. 196.

53. Ernemann U., Guervit O., Siekmann R., Skalej M. Rotational angiography: Diagnostic value and application in interventional neurology - Cardiovascular and Interventional Radiology: 2001, 24 (1), P. 109-110.

54. Ernemann U., Skalej M., Barth K., Voigt K. 3D-reconstructions of intracranial vessels based on rotational angiography – Neuroradiology: 1998, 40 (l), P. 47.

55. Ernemann U., Skalej M., Guervit O., Siekmann R., Voigt K. 3D-angiography in planning the treatment of cerebral aneurysms - Electromedica: 2000, 68, P. 31-36.

56. Fahrig R., Fox A.J., Lownie S., et al. Use of a C-Arm System to Generate True Three-Dimensional Computed Rotational Angiograms: Preliminary In Vitro and In Vivo Results - Am J Neuroradiol.: 1997, 8, P. 1507-1514.

57. Fahrig R., Nikolov H., Fox A.J., Holdsworth D. W. A three-dimensional cerebrovascular flow phantom - Med. Phys.: 1999, 26 (8), P. 1589-1599.

58. Fayed A.M., White C.J., Ramee S.R., et al. Carotid and of cerebral angiography performed by cardiologist: cerebrovascular complications - Catheter Cardiovasc Interv.: 2002, 55, P. 277-280.

59. Filis K.A., Arko F.R., Johnson B.L., et al. Duplex ultrasound criteria for defining the severity of carotid stenosis - Ann Vasc Surg.: 2002, 16, P. 413-421.

60. Foulkes M.A., Wolf P.A., Price T.R. et al. The Stroke Data Bank: design, methods, and baseline characteristics – Stroke: 1988, 19, P. 547–554.

61. Gasecki A.P., Hachinski V.C., Mendel T., Barnett H.T. Endarterectomy for symptomatic carotid stenosis. Review of the European and North American Symptomatic Carotid Surgery Trials - Nebr Med J: 1992, 77, P. 121-123.

62. Gattoni F., Sacrini A., Tonolini M., Melgara C, Uslenghi C. M. Digital rotational angiography in the study of vascular diseases: technical note and initial clinical applications. - Radiol. Med. (Torino): 1998, 96 (6), P. 570-573.

63. Gould P.L., Peyton W.T., French L.A. Vertebral angiography by retrograde injection of the brachial artery - J Neurosurg.: 1955, 12, P. 369-374.

64. Grzyska U., Freitag J., Zeumer H. Selective cerebral intraarterial DSA: complication rate and control of risk factors – Neuroradiology: 1990, 32, P. 296-299.

65. Guervit O., Skalej M., Siekmann R., Ernemarm U., Voigt K. Rotationsangiographie und 3D-Rekonstruktion in der Neuroradiologie - Elec-tromedica: 2000, 68, P. 31-37.

66. Gupta A. MD, and. Radaelli A. G. PHD: Live 3D Guidance in Endovascular Procedures - Endovascular Today: 2009, P. 28-40.

67. Gurley, L.T. Introduction to Radiologic Tehnology / L.T. Gurley, 2001.

68. Hankey GJ, Warlow CP, Molyneux AJ. Complications of cerebral angiography for patients with mild carotid territory ischaemia being

considered for carotid endarterectomy - J Neurol Neurosurg Psychiatry: 1990, 53, P. 542-548.

69. Hankey G.J., Warlow C.P., Sellar R.J. Cerebral angiographic risk in mild cerebrovascular disease - Stroke: 1990, 21, P. 209-222.

70. Harrigan, M.R. Handbook of Cerebrovascular Disease and Neurointerventional Technique / M.R. Harrigan, J.P. Deveikis J.P., 2013.

71. Haschek E. Lindenthal O'F. A contribution to the practical use of the photography according to Röntgen - Wien Klin Wochenschr: 1896, 9, P. 63-64.

72. Hinck V.C., Judkins M.P., Paxton H.D. Simplified selective femorocerebral angiography - Radiology: 1967, 89, P. 1048–1052.

73. IAEA Publication 1532. Justification of Medical Exposure in Diagnostic Imaging - Vienna. International Atomic Energy Agency, 2011.

74. Inzitari D., Eliasziw M., Gates P. et al. The causes and risk of stroke in patients with asymptomatic internal carotid artery stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators - N Engl J Med.: 2000, 342, P. 1693–1700.

75. Jahromy A.S., Cina C.S., Liu Y., et al. Sensitivity and specificity of color duplex ultrasound measurement in the estimation of internal carotid artery stenosis: a systematic review and meta-analysis - J Vasc Surg.: 2005, 41, P. 962-972.

76. Kang H.S, Moon Hee Han et al: Postoperative 3D Angiography in Intracranial Aneurysms - Am J Neuroradiol: 2004, 25, P. 1463–1469.

77. Karlsberg R.P., Dohad S.Y., Sheng R. Contrast-induced acute kidney injury (CI-AKI) following intra-arterial administration of iodinated contrast media - J Nephrol.; 2010, 23 (6), P. 658-666.

78. Kawashima M., Kitahara T., Soma K., et al. Three-Dimensional Digital Subtraction Angiography Vs Two-Dimensional Digital Subtraction Angiography for Detection of Ruptured Intracranial Aneurysms: A Study of 86 Aneurysms - Neurology India: 2005, 53(3), P. 287-289.

79. Kiyosue H., Tanoue S., Okahara M., et al. Anatomic features predictive of complete aneurysm occlusion can be determined with three-dimensional digital subtraction angiography - AJNR Am J Neuroradiol.; 2002, 23, P. 1206–1213.

80. Kleindorfer D, Panagos P, Pancioli A et al. Incidence and shortterm prognosis of transient ischemic attack in apopulation-based study - Stroke 2005, 36, P. 720-723.

81. Krayenbühl H. History of cerebral angiography and its development since Egaz Moniz. In: Egas Moniz centenary: scienti fi c reports - Lisbon: Comissao Executiva das Comemoracoes do Centenario do Nascimento do Prof. Egas Moniz: 1977, P. 63-74.

82. Kuhn R.A. Brachial cerebral angiography - J Neurosurg.: 1960, 17, P. 955–971.

83. Kumazaki T. Development of a new digital angiography system - improvement of rotational angiography and three dimensional image display - Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi: 1991, 51 (9), P. 1068-1077.

84. Leonardi M., Cenni P., Simonetti L., et al. Retrospective study of complications arising during cerebral and spinal diagnostic angiography from 1998 to 2003 - Interv Neuroradiol.: 2005, 11, P. 213-221.

85. Ligon B.L. The mystery of angiography and the “unawarded” Nobel Prize: Egas Moniz and Hans Christian Jacobaeus – Neurosurgery: 1998, 43, P. 602–611.

86. Lima A. Egas Moniz 1874–1955 - Surg Neurol.: 1973, 1, P. 247–248.

87. Mattos M.A., Hodgson K.J., Faught W.E., et al. Carotid endarterectomy without angiography: is color-flow duplex scanning sufficient? – Surgery: 1994, 116, P. 776-782.

88. Missler Y., Hundt C, Wiesmann M., Mayer T., Bruckmann H. Three-dimensional reconstructed rotational digital subtraction angiography in planning treatment of intracranial aneurysms - Eur. Radiol.: 2000, 10 (4), P. 564-568.

89. Mohr J.P., Caplan L.R., Melski J.W. et al. The Harvard Cooperative Stroke Registry: a prospective registry - Neurology: 1978, 28, P. 754-762.

90. Moniz E. – J. Radiol. Electrol. Med. Nucl.: 1928, 12, P. 72.

91. Moniz EL. L'angiographie cérébrale - Paris: Masson & Cie: 1934.

92. Moore W.S., Barnett H.J., Beebe H.G., et al. Guidelines for carotid endarterectomy. A multidisciplinary consensus statement from the ad hoc committee – Stroke: 1995, 26, P. 188-201.

93. Nederkoorn P.J., van der Graaf Y., Hunink M.G. Duplex ultrasound and magnetic resonance angiography compared with digital subtraction angiography in carotid artery stenosis: a systematic review. Stroke: 2003, 34, P. 1324-1332.

94. Norlén E. Importance of angiography in surgery of intracranial vascular lesions. In: Egas Moniz centenary: scientific reports - Lisbon: Comissao Executiva das Comemoracoes do Centenario do Nascimento do Prof. Egas Moniz: 1977, P. 31-9.

95. Otto E.H. Elgersma, MD Pieter C. Buijs, MD Aloys F.J. Wust, MD Yolanda van der Graaf, MD, PhD and al. Maximum Internal Carotid Arterial Stenosis: Assessment with rotational angiography versus Conventional intra

- arterial Digital Subtraction Angiography – Radiology: 1999, 213, P. 777-783.

96. Paciaroni M, Caso V, Cardaioli G, et al. Is ultrasound examination sufficient in the evaluation of patients with internal carotid artery severe stenosis or occlusion? - Cerebrovasc Dis.: 2003, 15, P. 173-176.

97. Raabe A., Beck J., Rohde S., et al. Three-Dimensional Rotational Angiography Guidance for Aneurysm Surgery - J Neurosurg.: 2006, 105, P. 406-411.

98. Radovanovic D., Urban P., Simon R. et al. Outcome of patients with acute coronary syndrome in hospitals of different sizes. A report from the AMIS Plus Registry - Swiss Med Wkly: 2010, 140 (21-22), P. 314-322.

99. Reavey-Cantwell J.F., Lewis S.B., Firment C. Simultaneous Bilateral Vertebral Artery 3D Rotational Angiography Technical Report of Two Cases - Interventional Neuroradiology: 2005, 11, P. 235-240.

100. Robinson R.W., Demirel M., LeBeau R.J. Natural history of cerebral thrombosis: 9–19 years follow-up – J. Chronic Dis.: 1968, 21, P. 221.

101. Rosenstock J.L., Bruno R., Kim J.K. et al. The effect of withdrawal of ACE inhibitors or angiotensin receptor blockers prior to coronary angiography on the incidence of contrast-induced nephropathy - Int Urol Nephrol.: 2008, 40 (3), P. 749-55.

102. Sandler C.M. Contrast-agent-induced acute renal dysfunction — is iodixanol the answer? – N. Engl. J. Med.: 2003, 348 (6), P. 551-553.

103. Schueler B. A., Sen A., Hsiung H. H., Latchaw R. E., Hu X. Three-dimensional vascular reconstruction with a clinical x-ray angiography system - Acad. Radiol.: 1997, 4 (10), P. 693-699.

104. Setacci C, Cremonesi A, SPACE and EVA-3s Trials: The need of standards for carotid stenting - Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.: 2007, 33, P. 48-49.

105. Sheldon P. A special needle for percutaneous vertebral angiography – Br. J. Radiol.: 1956, 29, P. 231–232.

106. Shimizu T., Kodama Y., Endo H., Miyamoto N., Miyasaka K. The usefulness of three-dimensional reconstructed image by rotational DSA for transcatheter arterial embolization - Cardiovascular and Interventional Radiology: 2001, 24 (1), P. 69.

107. Song J.K., Niimi Y. et Al: Simultaneous bilateral internal carotid artery 3D rotational angiography – Am. J. Neuroradiol.: 2004, 25, P. 1787-1789.

108. Sugahara T., Korogi Y., Nakashima K., et al. Comparison of 2D and 3D Digital Subtraction Angiography in Evaluation of Intracranial Aneurysms - Am. J. Neuroradiol.: 2002, 23, P. 1545-1552.

109. Tajima H., Kumazaki T., Gemma K., Ito K., Kawamata H., Ebata K. Clinical assessment rotational digital angiography for the diagnosis of aortic dissection - Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi: 1990, 50 (12), P. 1608-1610.

110. Takahashi M., Ozawa Y. Routine biplane cerebral angiography with stereoscopic magnification – Radiology: 1980, 136, P. 113-117.

111. Tanoue S., Kiyosue H., Kenai H., Nakamura T., Yamashita M., Mori H. Three-dimensional reconstructed images after rotational angiography in the evaluation of intracranial aneurysms: surgical correlation - Neurosurgery: 2000, 47 (4), P. 866-871.

112. The European Carotid Surgery Trialists Collaborative Group. Risk of stroke in the distribution of an asymptomatic carotid artery – Lancet: 1995, 345, P. 209-212.

113. Thiele H., Hildebrand L., Schirdewahn C. et al. Impact of high-dose N-acetylcysteine versus placebo on contrastinduced nephropathy and myocardial reperfusion injury in unselected patients with ST-segment elevation myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention. The LIPSIA-NACC (Prospective, Single-Blind, Placebo-Controlled, Randomized Leipzig Immediate PercutaneouS Coronary Intervention Acute Myocardial Infarction N-ACC) Trial – J. Am. Coll. Cardiol.: 2010, 55 (20), P. 2201-2209.

114. Thom T., Haase N., Rosamond W., et al. American Heart Association Statistics Committee. Heart disease and stroke statistics – 2006 update: a report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee – Circulation: 2006, 113, P. 85-151.

115. Thron A., Voigt K. Rotational cerebral angiography: procedure and value - Am. J. Neurorad.: 1983, 4, P. 289-291.

116. Timsit S.G., Sacco R.L, Mohr J.P., et al. Early clinical differentiation of cerebral infarction from severe atherosclerotic stenosis and cardioembolism – Stroke: 1992, 23, P. 486-491.

117. Toshinori Hirai, Yukunori Korogi, Kenji Suginohara, Ken Ono, Tomohiro Nishi, Shozaburo Uemura, Masayuki Yamura, and Yasuyuki Yamashita. Clinical Usefulness of Unsubtracted 3D Digital Angiography Compared with Rotational Digital Angiography in the Pretreatment Evaluation of Intracranial Aneurysms - AJNR Am. J. Neuroradiol.: 2003, 24, P. 1067-1074.

118. Tsapaki V., Vano E., Muavrikou I., et al. Comparison of patient dose in two - dimensional carotid arteriography and three - dimensional rotational angiography - Cardiovasc Intervent Radiol.: 2008, 31, P. 477-482.

119. Valji. Vascular & Intervention Radiology / Valji, 1999.

120. Van Rooij WJ, Sprengers ME, de Gast AN, et al. 3D rotational angiography: the new gold standard in the detection of additional intracranial aneurysms - AJNR Am. J. Neuroradiol.: 2008, 29, P. 976-979.

121. Veith FJ, Amor M, Ohki T et al. Current status of carotid bifurcation angioplasty and stenting based on a consensus of opinion leaders – J. Vasc. Surg.: 2001, 33 (2), P. 111-116.

122. Voigt K., Stoeter P., Petersen D. Rotational cerebral roentgenography. Evaluation of the technical procedure and diagnostic application with model studies – Neuroradiology: 1975, 10, P. 95-100.

123. White H., Boden-Albala B., Wang C. et al. Ischemic stroke subtype incidence among whites, blacks, and Hispanics: the Northern Manhattan Study – Circulation: 2005, 111, P. 1327-1331.

124. Wong J.H., Findlay J.M., Suarez-Almazor M.E. Hemodynamic instability after carotid endarterectomy: risk factors and associations with operative complications – Neurosurgery: 2007, 41, P. 35-41.

125. Zeebregts C. et al. Clinical experience with nonpenetrating vascular clips in free-flap reconstructions. Show all - Journal Br. J. Plast. Surg.: 2005, 55, P. 105-110.