

TOSHIBA

2001-2

**Аортобифemorальная ангиография:
первый опыт использования спирального КТ-
сканера Aquilion фирмы Тошиба с технологией
множественного среза**

Ruben Sebben, MB, BS, FRANZCR, Jeff Hall DipAppSc
Dr Jones and Partners Medical Imaging, Adelaide, South Australia

Аортобифеморальная ангиография: первый опыт использования спирального КТ-сканера Aquilion фирмы Тошиба с технологией множественного среза

Ruben Sebben, MB, BS, FRANZCR, Jeff Hall DipAppSc
Dr Jones and Partners Medical Imaging, Adelaide, South Australia

Введение КТ-сканеров с технологией множественного среза (MSCT) в клиническую практику значительно повысило роль КТ-ангиографии (СТА). Теперь стала возможной аортобифеморальная СТА с помощью одного сбора данных. Сканирование от области диафрагмы до стоп можно выполнить приблизительно за 50 секунд, полный интервал сканирования составляет приблизительно 1200-1300 мм. Объем контрастного вещества от 160 до 200 мл вводится со скоростью 4 мл/сек. Использование необработанного среза толщиной 2-3 мм и реконструкций с перекрытием позволяет получить информативные диагностические КТ-ангиограммы, которые сравнимы, а в некоторых случаях превосходят, обычную ангиографию с использованием катетеров.

Наш первый опыт использования спирального КТ-сканера Aquilion фирмы Тошиба с технологией множественного среза позволил нам добиться быстрого технического прогресса с полным клиническим одобрением. В настоящее время основным ограничением аортобифеморальной СТА является сильная кальцификация сосудов, особенно в области ниже паховой связки, где оценка остаточного просвета сосудов может быть проблематична. Разработка новых алгоритмов программного обеспечения для решения проблемы кальцификации сосудов значительно повысит клиническую применимость этого метода, и, тем самым, снизит стоимость и болезненность, связанную с ангиографией с использованием катетеров.

Введение

КТ-ангиография (СТА) завоевала широкое одобрение с момента ее введения в клиническую практику в середине 1990-х годов. Легочный тромбофлебит, аневризма и расслоение аорты, реноваскулярные патологии и патологии сосудов головного мозга представляют собой те заболевания, при которых СТА дала значительный вклад в клиническое руководство. СТА периферической системы кровообращения была, тем не менее, в основном, ограничена изолированными сегментами сосудов. Даже при времени оборота 0,5 секунд интервалы сканирования, получаемые с помощью КТ-сканеров с одним срезом (SSCT) при использовании соответствующей толщины среза и шага, недостаточны для охвата всей аортально-подвздошной, феморально-поплитеальной и тиббиальной областей при одиночном сканировании.

Используя наш КТ-сканер Aquilion фирмы Тошиба с технологией множественного среза, мы теперь можем выполнять сканирование от выхода брюшной аорты до сосудов стопы с помощью одноэтапного или двухэтапного сбора данных. При конфигурациях детекторов 2 мм x 4 и 3 мм x 4 и ширине фильтра 2-3 мм мы можем получить трехмерные (3D) изображения с превосходным разрешением по оси z.



Рис. 1. Изображение трехмерной реконструкции, показывающее большую артериовенозную фистулу вокруг дистального конца трансплантата правого феморально-попliteального анастомоза.



Рис. 2. Вид в проекции максимальной интенсивности (MIP), показывающий билатеральные окклюзии поверхностной феморальной артерии.



Рис. 3. Фронтальная MPR аортоподвздошного и феморального сегментов.



Рис. 4. Сагиттальная MPR аортоподвздошного и феморального сегментов.

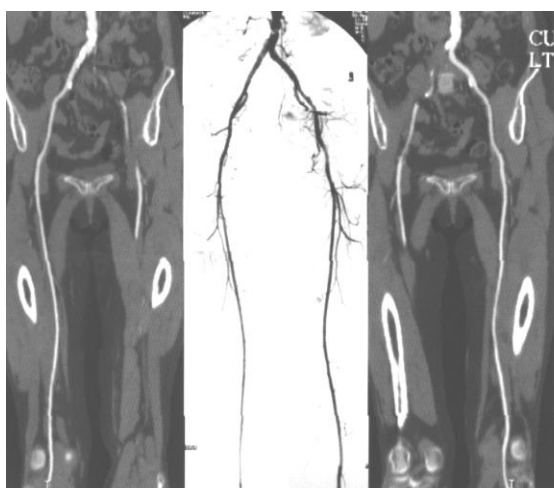


Рис. 5. Сравнение изображений криволинейной фронтальной MPR и DSA пациента с дистальным стенозом аорты.

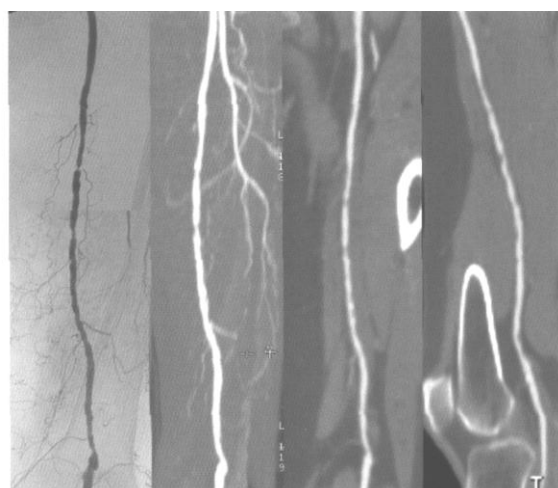


Рис. 6. Сравнение криволинейных фронтальных и криволинейных сагиттальных MIP изображений и DSA пациента с фокальными стенозами поверхностной феморальной артерии. MIP изображения переоценивают степень стеноза относительно DSA и MPR изображений.

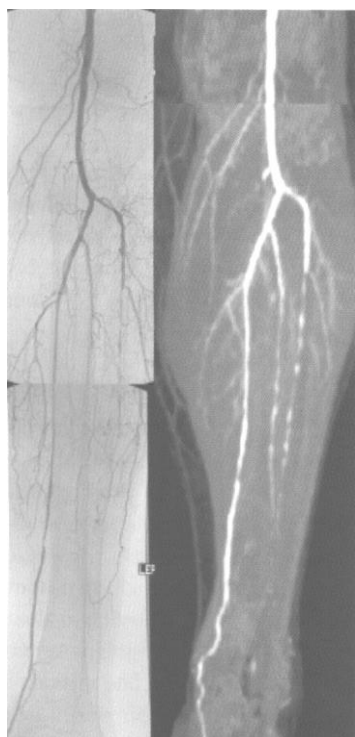


Рис. 7. DSA и сегментные MIP изображения popliteальной и тибальной артерий обнаруживают превосходную корреляцию.

Для получения результатов ангиографического исследования используются разнообразные методы отображения на экране, включая Volume Rendering (VR) (Трехмерная реконструкция), Maximum Intensity Projection (MIP) (Проекция максимальной интенсивности) и Multiplanar Reconstructions (MPR) (Мультипланарная реконструкция) (рис. 1-4). В дополнение к интерпретации пленки рентгенолог часто выполняет просмотр изображения СТА либо на экране специально предназначенной для этого 3D рабочей станции или на станции просмотра на основе ПК. Из-за объема полученных наборов данных требуется значительное время для реконструкции изображений, что остается ограничением для современных методов.

Цели и методы

Пациенты с диагнозом ограничивающей подвижность перемежающейся хромоты или клинически очевидной ишемией нижних конечностей были направлены на аортобифеморальную КТ-ангиографию специалистом по хирургии сосудов. Соотношение мужчин и женщин составило приблизительно 2:1 со средним возрастом пациентов 72 года (в диапазоне от 44-87 лет). Ограниченное число пациентов в дополнение к СТА прошли внутриартериальную цифровую субтракционную ангиографию (DSA).



Рис. 8. Сегментное MIP изображение, показывающее доступность всех трех тибиальных сосудов до голеностопного сустава.



Рис. 9. Тонкослойное MIP изображение, показывающее доступные задние тибиальные сосуды и тыльную артерию стопы на уровне голеностопного сустава.

Метод

Одним из наиболее значительных свойств КТ с множественным срезом (MSCT) является повышение универсальности имеющихся параметров сканирования. Все наши КТ-протоколы, включая аортобифemorальную СТА, претерпели изменения по мере приобретения нами опыта работы со сканером Aquilion фирмы Тошиба с технологией множественного среза.

Первоначально мы выполняли аортобифemorальную СТА с единичным сбором данных с использованием конфигурации детекторов 3 мм x 4 и шага спирали (НР) 5,5. Время сканирования с этим протоколом составляло 38 секунд для полного охвата 1250 мм. Хотя этот метод позволял создать высокоинформативные ангиограммы, мы решили модифицировать наш протокол, чтобы улучшить визуализацию тибиальных сосудов, что привело к разработке используемого нами в настоящее время протокола двухэтапного сбора данных. Сбор данных спирального сканирования 3 мм x 4 происходит от диафрагмы до уровня ниже выхода тибіоперонеального ствола.



Рис. 10. Криволинейное аксиальное изображение, показывающее характерный сильный стеноз правой ренальной артерии.

За ним сразу же следует наложение сканирования 2 мм x 4 от дистального конца бедра до середины стопы. Оба эти сканирования получены с НР 5,5, а полное время сканирования составляет 50 секунд. Иногда для пациентов небольшого роста мы можем выполнить полное сканирование



Рис. 11. Латеральное сегментное MIP изображение, показывающее проксимальную окклюзию поверхностной феморальной артерии и коллатеральных сосудов, воссоздающих поверхностную феморальную артерию.

с 2 мм коллимацией для полного времени сканирования приблизительно 55 секунд. Реконструкцию выполняли с наложением 50 %, что дает, в среднем, 500 изображений в одном исследовании. Отдельные сканирования повторно формируются на рабочей станции по отдельности.

Некоторая задержка, возникающая при выполнении второго сбора данных для улучшения визуализации тиббиальных сосудов, дает дополнительное преимущество улучшения контрастирования этих сосудов у пациентов со сниженным минутным объемом сердца.

SureStart (Сканирование с контрастом в реальном масштабе времени), собственное программное обеспечение фирмы Тошиба для регистрации контрастного вещества, рутинно используется для запуска СТА. Мы использовали SureStart для запуска КТ-ангиограмм с большим успехом с момента его внедрения с исходным пакетом программ Aspige CI в 1996 г. При аортобифеморальных исследованиях сканирование запускается автоматически с областью интереса (ROI) для мониторинга плотности контраста в аорте на уровне диафрагмы. Обычно порог запуска установлен на 150-170 единиц Хаунсфилда (HU), причем более высокое значение используется для более пожилых пациентов или для пациентов с малым минутным объемом сердца.



Рис. 12. MIP изображение во весь рост, показывающее доступный правый аксилло-феморальный анастомоз.

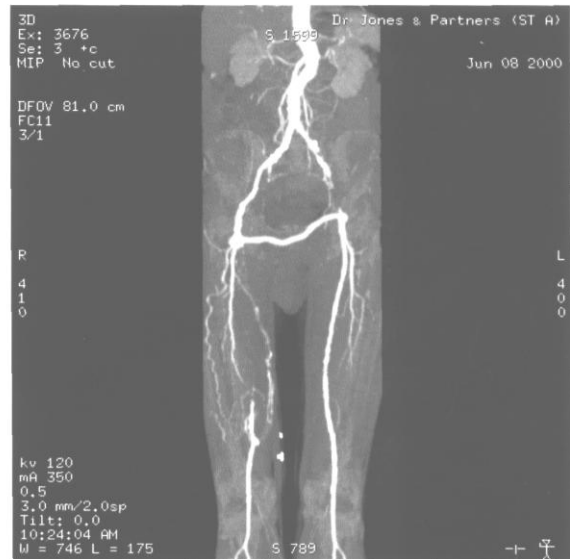


Рис. 13. MIP изображение, показывающее анастомотическую ложную аневризму с проксимальной стороны доступного право-левого феморально-феморального перекрестного анастомоза.

Результаты

При исследовании наших первых 70 пациентов технических сбоев не было. Процедура хорошо переносилась, и ни в одном исследовании не было ухудшения изображения, связанного с движением пациента. Были сделаны попытки показать аортально-подвздошные и периферические сосуды в формате, аналогичном обычной ангиографии с использованием катетеров (Рис. 5-7). В идеале, передняя и задняя тибиальные артерии, если они доступны, были показаны ниже уровня голеностопного сустава (Рис. 8, 9). Ренальные и мезентериальные сосуды были также показаны в рутинных исследованиях с криволинейной деформацией (Рис. 10).

Считалось, что диагностическое качество большинства исследований достаточно, чтобы не проводить дополнительных инвазивных процедур формирования изображений. У тех пациентов, которым помимо СТА делали ангиографию с использованием катетеров, была превосходная общая корреляция, дополнительно убедившая нас продолжать разработку этого метода. Стенозы, окклюзии, коллатерализация и трансплантаты анастомозов (Рис. 11-13) хорошо видны на СТА. У некоторых пациентов мы также наблюдали доступные тибиальные сосуды, не показанные на селективной ангиографии с использованием катетера, явление, ранее описанное по MRA (Рис. 14a, b). В результате этого, хирурги, на которых мы ссылаемся, посчитали приемлемым принять решение о лечении на основе сочетания клинических параметров и ангиографических КТ-изображений, избегая, тем самым, исследований с более инвазивным методом формирования изображений.

Основным фактором, определяющим качество изображений, являлось тяжелая кальцификация сосудов. Хотя она иногда влияет на диагностику в аортоподвздошном сегменте, кальцификация гораздо более проблематична ниже паховой связки. По мере уменьшения размера сосуда наличие тяжелой кальцификации ограничивает визуализацию остаточного просвета сосуда. Это пагубно отражается на точности криволинейных планарных преобразований в результате либо нерегулярности просвета, либо невозможности различить просвет сосуда в пределах сильно обызвествленной бляшки (Рис. 15a, b). Короткие обызвествленные бляшки, в общем, не являлись проблемой, но по мере увеличения бляшки время, необходимое для реконструкции и интерпретации изображения, значительно возрастало. Субтракция кальция возможна, но при имеющихся в настоящее время методах пороговое значение может внести значительные погрешности в результате наложения значений в единицах Хаунсфилда между бляшкой и прилегающим просветом сосуда (Рис. 16a, b).

Было обнаружено, что методы сегментации для субтракции кости особенно удобны для визуализации тибиальных сосудов, позволяя получить изображения, аналогичные обычным ангиограммам (Рис. 17). Ограничения для использования этого метода, однако, встречались у тех пациентов, у которых дистальная передняя тибиальная артерия лежит в такой близости от тибиального кортекса, что субтракция сосудов возникает вместе с прилегающей костью из-за наложения значений плотности в единицах Хаунсфилда. В этих случаях требуется более длительный процесс реконструкции отдельных сосудов.

Обсуждение

Роль неинвазивного формирования изображений сосудов сильно возросла за последние десять лет, начиная с дуплексного ультразвукового исследования, а затем MRA и СТА. В более позднее время введение MSCT и прогресс в области MRA с усилением контраста позволили рентгенологам, в первый раз, выполнить всестороннюю неинвазивную аортобифemorальную ангиографию.

Наш первый опыт в этой области использования КТ-сканера Aquilion фирмы Тошиба с технологией множественного среза оказался достаточно успешным, позволив нам внедрить этот метод в рутинную клиническую практику для исследования заболеваний периферических сосудов. Исходные корреляционные исследования с помощью ангиографии с катетером показали хорошее согласование, и эта процедура была принята и пациентами, и упомянутыми в ссылках хирургами.

В настоящее время ограничения метода связаны, главным образом, с характерными для него большими затратами труда при получении изображений, сравнимыми с ангиографией с использованием катетера, и ограничениями, налагаемыми тяжелой кальцификацией в инфрапаховых сосудах. Рабочие станции на базе компьютеров в будущем смогут позволить выполнение объемной субтракции в реальном времени для предварительно неконтрастированных сканирований по набору ангиографических данных для получения CTA с субтракцией. Такой метод должен устранить последствия кальцификации сосудов и снизить необходимость перехода к обработке изображений в ручном режиме. Возможность сдвига вокселей набора данных с субтракцией должна обеспечить корректировку всех движений между сканированиями аналогично сдвигу пикселей при DSA.



Рис. 14. Внутриартериальная DSA (a) и MIP (b) тибиальных сосудов. CTA показывает большее число доступных икроножных сосудов, чем DSA.

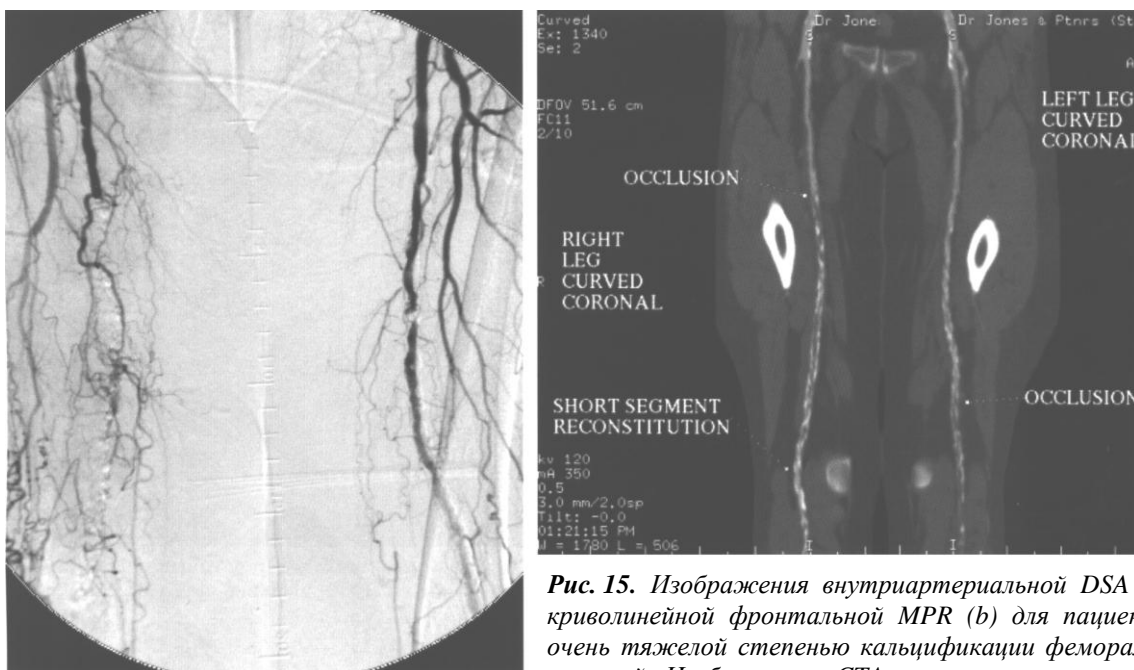


Рис. 15. Изображения внутриартериальной DSA (a) и криволинейной фронтальной MPR (b) для пациента с очень тяжелой степенью кальцификации феморальных артерий. Изображения CTA не могут точно описать остаточный просвет, что обусловлено степенью кальцификации. Несмотря на это тибиальные сосуды лучше видны на CTA (Рис. 14).

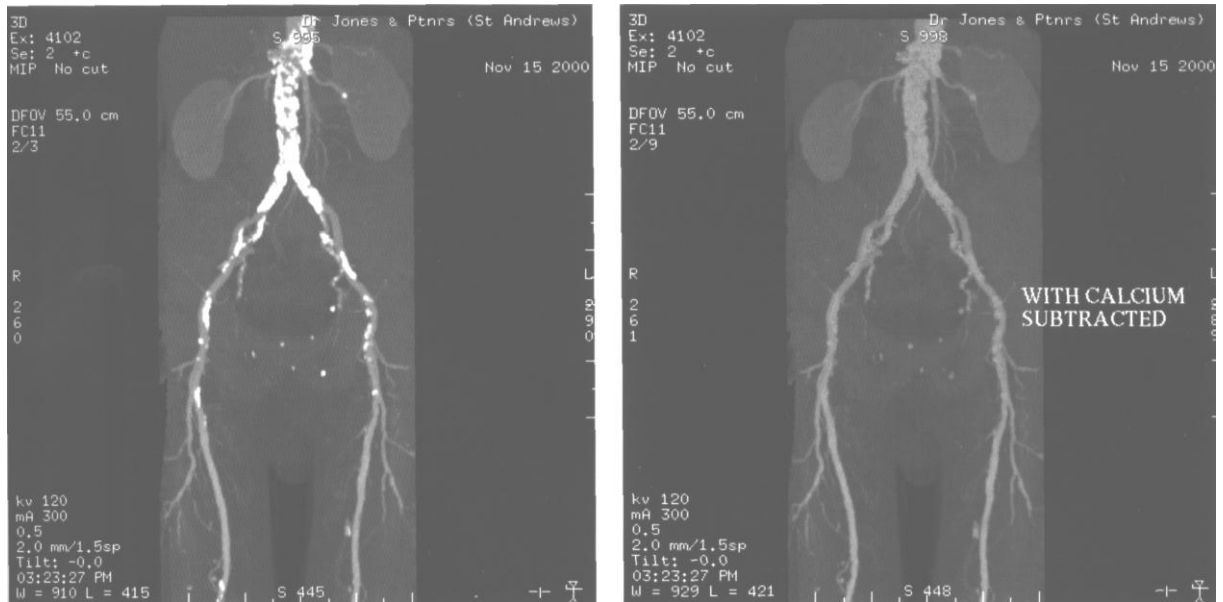


Рис. 16. MIP изображения без (a) и с (b) субтракцией кальция для пациента с тяжелой аортоподвздошной кальцификацией. Изображения с субтракцией показаны здесь без стеноза аорты или подвздошных артерий.



Рис. 17. Превосходное описание дистального анастомоза с помощью левого феморально-подколенного трансплантата и тибиальных сосудов на сегментном MIP изображении.

Протезы суставов были не редки для возрастной группы, исследованной в этой серии, и артефакты от металла могли значительно ухудшить качество изображений. Тем не менее, мы обнаружили в некоторых случаях, что удовлетворительного формирования изображений сосудов можно достичь даже при наличии металлического протеза, и это указывает на то, что КТ-сканеры нового поколения обладают лучшими возможностями выдерживать даже значительно более жесткое излучение (Рис. 18).

Несмотря на эти ограничения, огромное множество исследований считается обеспечивающим достаточные диагностические данные, чтобы избежать более инвазивных методов формирования изображений. Хирурги предпочитают СТА изображения изображениям дуплексного ультразвукового исследования, поскольку они представлены в формате, аналогичном обычным ангиограммам, с которыми они знакомы.



Рис. 18. Криволинейное сагиттальное MPR изображение для пациента с полной заменой колена адекватно показывает поплитеальную артерию.

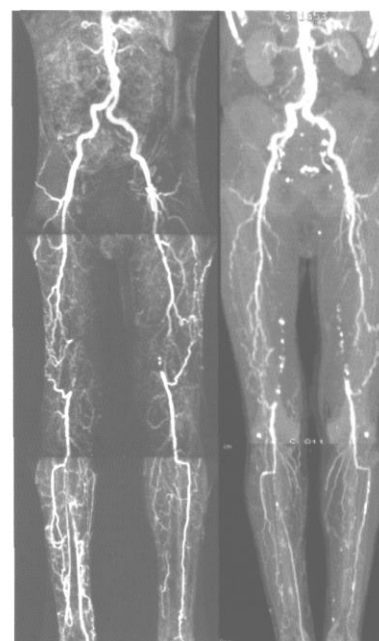


Рис. 19. Сравнение MIP изображений во весь рост MRA с усилением контраста (слева) и СТА (справа) для пациента с билатеральными окклюзиями поверхностной феморальной артерии.

Основным конкурирующим методом для СТА с технологией множественного среза будет динамическая MRA с усилением контраста. Обе модальности будут обладать аналогичным разрешением по оси z, но результаты MRA не зависят от кальцификации сосудов (Рис. 19). В нашей стране нет скидок для аортобифеморальной MRA, и дорогостоящая модернизация аппаратуры и программного обеспечения может потребовать оптимально конфигурировать MRA сканер. Относительно высокая стоимость контрастных веществ также может ограничить использование MRA. В настоящее время мы выполняем сравнительное исследование этих двух модальностей, чтобы определить их относительную стоимость и эффективность.

Другим фактором, влияющим на внедрение этих новых неинвазивных модальностей для формирования изображений, является увеличение в последнее время числа хирургов, специалистов по сосудам, представляющие свои собственные диагностические ангиограммы. Эта ситуация может привести к противоречию между интересом и возрастающим нежеланием хирургов направлять пациентов на СТА.

Выводы

Аортобифеморальная ангиография с использованием MSCT сканеров является многообещающей новой неинвазивной модальностью для исследования заболеваний периферических сосудов. Формирование изображений артериального разветвления от выхода брюшной аорты до сосудов стопы можно выполнять при 50-секундном спиральном сканировании в два этапа. Дозировки контрастного вещества являются приемлемыми, и качество изображений сравнимо с внутриартериальной DSA. Некоторые присущие методу ограничения можно преодолеть с помощью разработки будущих рабочих станций. Конкуренция с MRA с усилением контраста и принятие хирургическим сообществом будет влиять на клиническую применимость этого метода в будущем.