

F.R. de Graaf, E. van der Wall

Медицинский центр Лейденского университета, Нидерланды

Точность отображения коронарных сосудов на 320-рядном компьютерном томографе Toshiba Aquilion ONE и примеры его применения¹

Представлена новая неинвазивная методика определения степени выраженности ишемической болезни сердца – 320-рядная компьютерная томографическая ангиография, обладающая высокой диагностической информативностью при оценке патологии коронарных артерий. Поскольку регистрацию показателей изображений выполняют на протяжении одного удара сердца, эта методика позволяет провести быстрый сбор данных изображений с короткой задержкой дыхания, низким количеством контрастного препарата и сниженной лучевой нагрузкой. Благодаря объемному отображению устраняются артефакты ступенчатости. Методика также позволяет одновременно отобразить анатомию и перфузию.

Ключевые слова: коронарные артерии, атеросклеротическое поражение, компьютерная томографическая ангиография.

Коронарная ангиография с использованием компьютерной томографической ангиографии (КТА) является развивающейся неинвазивной методикой определения степени выраженности ишемической болезни сердца. После разработки компьютерного томографа (КТ) с 320-рядным детектором появилась возможность неинвазивной оценки всего объема сердца за время его одного сокращения (*рис. 1*). В то время как спиральные и пошаговые 64-срезовые КТ-системы обеспечивали охват в краниокаудальном направлении около 3,2 см за оборот гентри, то 320-рядный КТ обеспечивает охват 16 см (*рис. 2*). Волюметрическое сканирование в сочетании с проспективной ЭКГ-синхронизацией позволяет собрать данные в течение небольшой части одного сердечного цикла и выполнить исследование за время одного удара сердца. Благодаря быстрому сбору и мгновенной обработке данных обследование может быть проведено с небольшим количеством контрастного препарата и при значительно сниженной лучевой нагрузке.

Диагностическая эффективность

По недавно опубликованным результатам исследований отмечают высокую диагностическую эффективность 320-рядной КТ-коронарографии в оценке существенных атеросклеротических поражений коронарных артерий (сужение просвета сосуда $\geq 50\%$). В исследовании М. Dewey и соавторов оценивали результаты 30 пациентов со средней вероятностью наличия атеросклероза коронарных артерий, и речь шла о значениях чувствительности, отрицательности, а также положительных и отрицательных показателей в 100, 94, 92 и 100 % соответственно. Эти результаты были подтверждены в исследовании с оценкой данных 64 пациентов при помощи 320-рядной КТА [4]. Более того, сообщали о превосходной точности диагностики во время оценки стеноза с уменьшением просвета сосуда $\geq 70\%$. Соответственно, в результате таких высоко отрицательных предсказывающих значений эта методика особенно полезна для исключения существенного поражения коронарных сосудов у пациентов с низкой или средней вероятностью

¹Visions.– 2011.– № 18.– С. 44–47.

Стаття надійшла до редакції 2 листопада 2012 р.

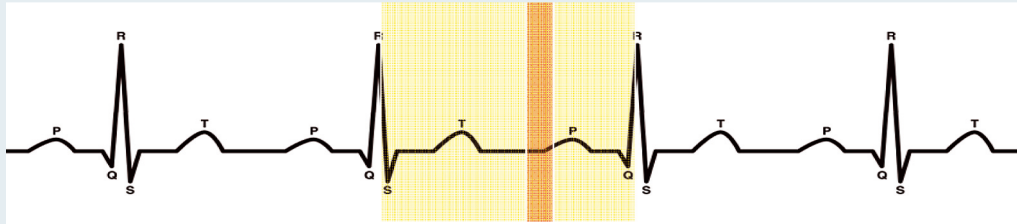


Рис. 1. Волюметрическая 320-рядная КТА позволяет провести сбор данных в одном интервале RR. С использованием перспективной ЭКГ-синхронизации сбор данных проводится в пределах небольшой, заранее выбранной части интервала RR (цветная полоска)

поражения. В том случае, когда результаты КТА в пределах нормы, пациента можно смело выписывать, и при этом исследуемый получает небольшую лучевую нагрузку. На *рис. 3* проиллюстрировано использование 320-рядной КТА для исключения существенного стеноза у пациента с подозрением на атеросклероз коронарных артерий. Кроме того, чувствительность и предсказующее отрицательное значение около 100 % показывает, что эта методика является подходящей не только для исключения атеросклероза коронарных артерий, но и для диагностики существенного стеноза, поскольку вероятность пропуска тяжелого стеноза очень мала. На *рис. 4* показан пример 320-срезовой КТА с идентификацией наличия тяжелой ишемической болезни сердца.

Коронарная ангиография на 320-рядном компьютерном томографе в клинической практике

После разработки КТ с широким 320-рядным детектором появилась возможность проводить сбор волюметрических данных изображения, уменьшая время сбора данных, время задержки дыхания и дозы вводимого контраста. Более того, использование методики волюметрической визуализации позволяет избавиться от избыточного облучения в спиральном режиме, которое ранее приводило к огромной лучевой нагрузке. Качество и диагностическая значимость изображения выросли, а использование адаптированных к пациенту протоколов сканирования помогает проводить исследование в сложных случаях легко и достаточно быстро.

Сканирование с адаптацией к пациенту

Сканирование при коронарографии на 320-рядном КТ можно провести с адаптацией к пациенту, которая обеспечит визуализацию сердца с высоким качеством отображения даже у пациентов, которые, например, имеют повы-

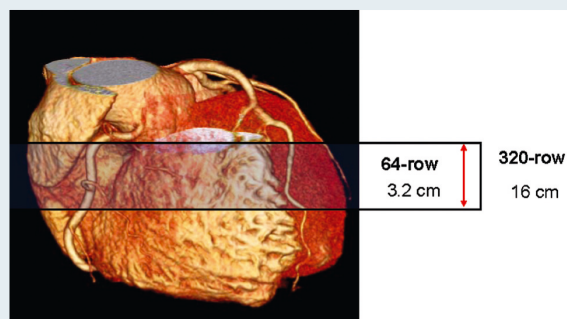


Рис. 2. 320-рядная КТА с одновременным использованием 320 рядов по 0,5 мм дает возможность произвести волюметрический охват в 16 см, что обеспечивает сбор данных изображения сердца за один оборот гентри

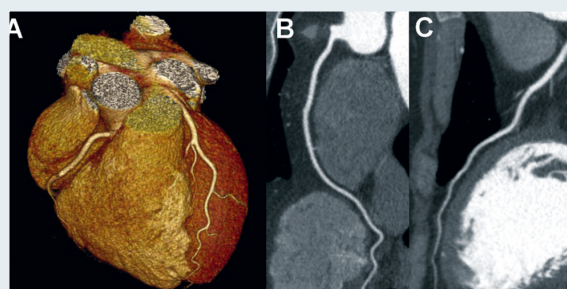


Рис. 3. 320-рядная КТА за один удар сердца у женщины в возрасте 39 лет с атипичной болью в грудной клетке и положительной генетической предрасположенностью к атеросклерозу коронарных артерий. При помощи КТА удалось исключить наличие коронарного атеросклероза, и пациентка была выписана. Трехмерная реконструкция сердца с визуализацией объема (А). Нормальная правая коронарная артерия (В). Нормальная левая передняя нисходящая коронарная артерия (С)

шенную частоту сокращений сердца (ЧСС) или аритмии.

Повышенная частота ритма сердца

При помощи 320-рядной КТА проводится сбор данных в течение одного удара сердца

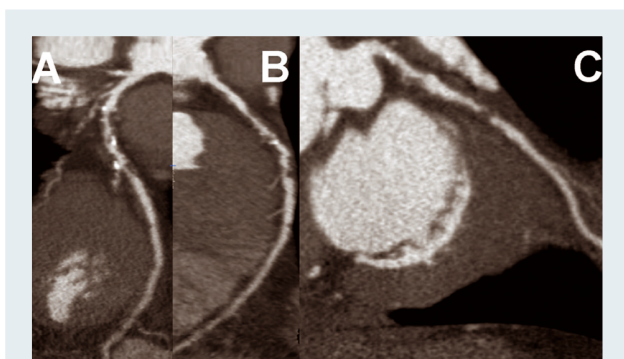


Рис. 4. 320-рядная КТА у мужчины в возрасте 64 лет с отсутствием в анамнезе сердечной патологии, который был доставлен в отделение неотложной помощи с нестабильной болью в грудной клетке. ЭКГ не показала никаких патологических изменений, а уровни тропонина были в норме. Мультипланарные реформатирования по кривой поверхности выявили наличие существенного стеноза в левой передней нисходящей коронарной артерии (А, В) и левой огибающей коронарной артерии (С)

для пациентов с низкой частотой ритма сердца (меньше 65 ударов в 1 мин), но необходимо отметить, что даже у пациентов с повышенной частотой ритма сердца сбор данных изображений может выполняться с хорошим качеством. При частоте ритма сердца больше 65 в 1 мин сбор данных изображений выполняют в течение ряда сердечных циклов, а после этого проводят многосегментную реконструкцию изображений. По сравнению с реконструкцией от половины сегмента, которую используют при сканировании в течение одного сердечного цикла, многосегментная реконструкция повышает пространственное разрешение и улучшает качество изображения. При этом для пациентов с повышенной частотой ритма сердца удается получить высокое качество изображений. На *рис. 5* показан пример коронарной ангиографии у пациента с повышенной ЧСС, которая не поддается воздействию β -адреноблокаторов.

Протокол подавления аритмии

Важно отметить, что даже у пациентов с неравномерной ЧСС, например, с аритмиями, сбор данных для получения изображений коронарных артерий возможен при использовании протокола подавления аритмии [7]. Если выбранный для сбора данных интервал RR слишком короткий, в результате появления зубца R до окончания сбора, в таком протоколе посылается запрос в систему для отмены сбора в этом ударе и переходе к следующему интервалу RR (*рис. 6*). Таким образом, удается получить изображения

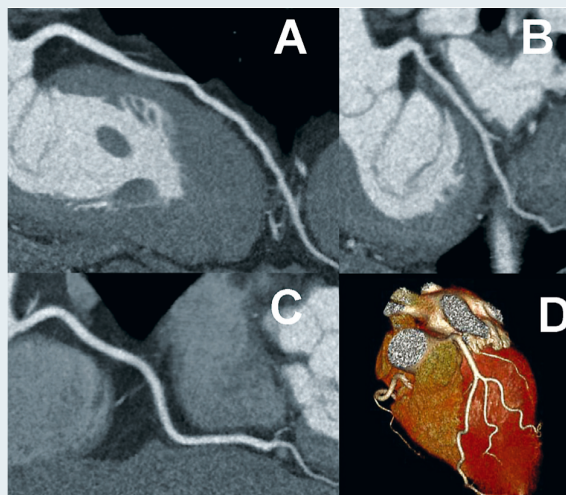


Рис. 5. На изображениях 320-рядной КТА у пациента с повышенной частотой сердечного ритма видны типичные коронарные артерии. Несмотря на использование бета-адреноблокаторов, ЧСС составляла 75 в 1 мин в течение всего времени задержки дыхания. Результаты реконструкции по кривой поверхности типичной левой коронарной артерии (А), левой огибающей коронарной артерии (В) и правой коронарной артерии (С). Трехмерная реконструкция сердца с визуализацией объема и коронарными артериями без патологии (D)



Рис. 6. Протокол подавления аритмии позволяет проводить сбор данных изображений КТА у пациентов с неравномерной ЧСС

коронарных сосудов достаточно хорошего качества при ограниченной лучевой нагрузке даже у пациентов с неравномерной ЧСС. Последние опубликованные данные свидетельствуют о том, что 320-рядная КТА позволяет оценивать пациентов с фибрилляцией предсердий при достаточно хорошем качестве изображений [8]. На *рис. 7* показан пример КТ-сканирования, которое было выполнено у пациента с неравномерной ЧСС, и несмотря на это, удалось получить хорошее качество изображения.

Пациенты, которые прошли восстановление васкуляризации

Недавно была выполнена оценка эффективности 320-рядной КТА в диагностике вторич-

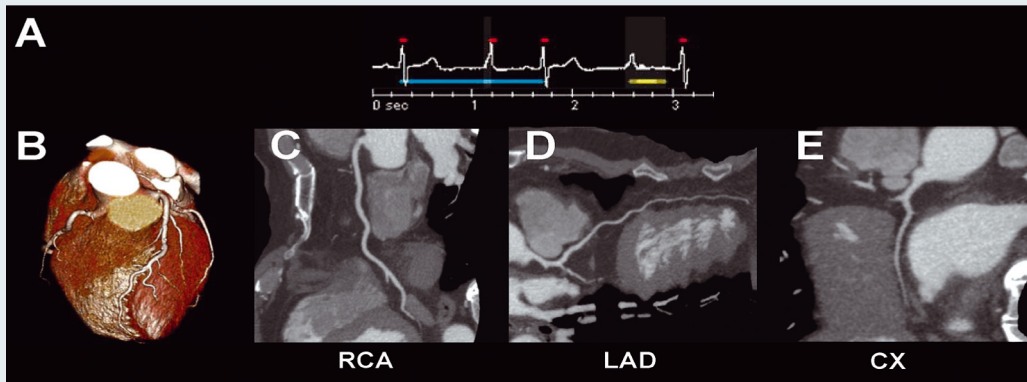


Рис. 7. Протокол подавления аритмии позволяет получить хорошее качество изображений у пациента с неравномерной ЧСС во время сбора данных. ЭКГ во время сбора данных изображений у пациента, который был направлен на выполнение 320-рядной КТА (А). Выбранный интервал RR для сбора данных является слишком коротким, поскольку зубец R появляется до момента окончания сбора данных изображений. Система отказывается от этого интервала (синий) и производит сбор данных в следующем интервале (желтый). Трехмерная реконструкция сердца с визуализацией объема (В). Мультипланарные реформатирования по кривой поверхности нормальных коронарных артерий (С, D, E)

CX – левая огибающая коронарная артерия; LAD – передняя нисходящая артерия; RCA – правая коронарная артерия

ного стеноза в коронарных стентах. В группе из 53 пациентов с наличием 89 стентов были получены значения чувствительности, специфичности, положительных и отрицательных прогностических значений 100, 81, 58 и 100 % соответственно [2]. Несмотря на то, что предсказуемое значение положительного результата осталось относительно низким, высокое предсказуемое значение отрицательного результата показало, что 320-рядная КТА имеет большой потенциал для исключения существенного повторного стеноза внутри стента. Важно отметить, что исследование отличалось от большинства обследований, выполненных с использованием 64-рядной КТА: в нем не отмечено влияния ЧСС на качество изображений КТА. В значительной степени это обусловлено тем, что у пациентов с повышенной ЧСС (больше 65 в 1 мин) сбор данных изображений КТА проводится на протяжении нескольких сердечных циклов. Следовательно, многосегментные реконструкции возможны даже при повышенных значениях ЧСС. Однако важно заметить, что диагностическая точность для мелких стентов (диаметром < 3 мм) и стентов с толстыми элементами (больше 140 мкм) заметно снижается. Такие данные свидетельствуют о том, что эта методика может быть полезной для оценки повторного стеноза.

При диагностике пациентов с шунтами коронарных артерий в анамнезе КТА может оказывать огромную помощь в оценке этой патологии, также как и основных коронарных артерий с дистально отходящими сосудами. Несмотря на то, что исследования преимуществ 320-ряд-

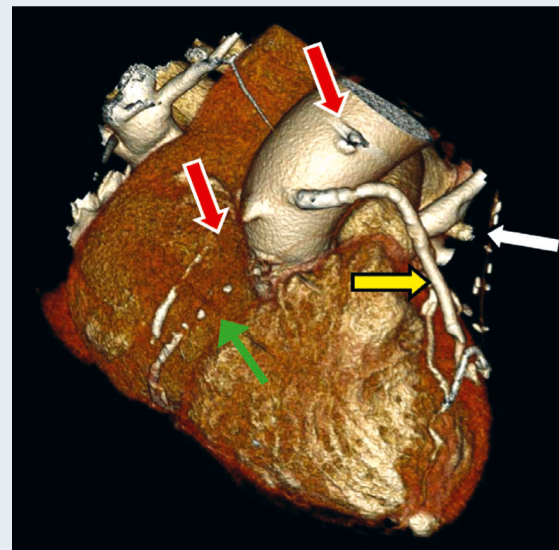


Рис. 8. Волюметрическая 320-рядная КТА дает мгновенный обзор анатомии, проходимости шунтов коронарных артерий и основных коронарных артерий у пациента. Показаны два стенозированных венозных шунта к правой коронарной артерии (красные стрелки), закупоренный артериальный (LIMA) шунт к левой передней нисходящей коронарной артерии (белая стрелка), закупоренная правая коронарная артерия (зеленая стрелка) и проходимый последовательный венозный шунт к левой передней нисходящей коронарной артерии и первой диагональной ветви.

LIMA – левая внутренняя артерия молочной железы

ной КТА в оценке обходных шунтов коронарных артерий в настоящее время не ведутся, в предыдущих исследованиях с использованием

64-рядной КТА сообщается о точности диагностики от 90 до 95 % [6]. На *рис. 8* показан пример КТА у пациента с шунтами коронарных артерий. Волюметрическая 320-рядная КТА у пациентов с установленными ранее шунтами коронарных артерий мгновенно дает обзор анатомии и проходимости шунтов, основных коронарных артерий и дистально отходящих сосудов.

Перфузия с одновременной визуализацией анатомии органа

Волюметрическая КТА позволяет получить одновременное отображение анатомии и перфузии органа во время одного исследования. Имеется возможность получать отображение перфузии миокарда при охвате всего объема с однородным ослаблением миокарда. При использовании этой методики можно в одном обследовании одновременно получать изображения анатомии и перфузии, что позволяет обнаружить патологию коронарных артерий, которая вызывает аномалии кровоснабжения [5].

Ограничения

Несмотря на то, что 320-срезовая КТА у пациентов с реваскуляризацией обеспечивает быстрый сбор данных при низком расходе контрастного препарата и низкой лучевой нагрузке, КТА также ассоциируется с рядом ограничений. Во-первых, КТА – это, безусловно, лучевая нагрузка. Однако новые методики отображения, такие, например, как перспективная синхронизация с ЭКГ и визуализация с широким охватом, позволяют значительно уменьшить лучевую нагрузку на пациента. Во-вторых, для пациентов с хирургическими зажимами, обширными коронарными кальцификатами, мелкими стентами или широкими стентами положительное прогностическое значение уменьшается. Поэтому важным является тщательный отбор пациентов. Данная методика – наиболее подходящая для исключения патологии коронарных артерий у пациентов с ее низкой и средней вероятностью. В отдельных случаях КТА может оказать помощь в

диагностике пациентов с уже известной коронарной патологией, например, пациенты с шунтами или отсутствием информации об анатомии и проходимости шунтов. И наконец, для всех пациентов, которые направляются на КТА, уменьшение частоты ритма сердца является важным фактором для снижения лучевой нагрузки и оптимизации качества изображения.

Выводы

Новейшая 320-рядная компьютерная томографическая ангиография позволяет использовать методику волюметрического сканирования, которая обладает высокой диагностической информативностью при оценке патологии коронарных артерий. Поскольку регистрацию показателей изображений всего объема органа выполняют на протяжении одного удара сердца, эта методика позволяет провести быстрый сбор данных изображений с короткой задержкой дыхания, низким количеством контрастного препарата и сниженной лучевой нагрузкой. Более того, благодаря объемному отображению устраняются артефакты ступенчатости. Методика также позволяет одновременно отобразить анатомию и перфузию.

Благодаря протоколам сканирования, которые индивидуально адаптируются к пациентам, эта методика позволяет легко оценить патологию коронарных артерий. Высокая точность диагностики при сборе данных за одно сокращение сердца позволяет исследовать пациентов с повышенной частотой ритма сердца, а мультисегментные реконструкции подтверждают исключительное качество изображений. И наконец, у пациентов с нарушенным в результате аритмий ритмом получают хорошее качество изображений при использовании протокола подавления аритмий. Кроме того, хорошая точность диагностики 320-рядной КТА для оценки пациентов после реваскуляризации в анамнезе дает возможность легко оценить повторное стенозирование в стентах. И последнее, при помощи волюметрической КТА могут определяться анатомия шунтирования и наличие патологии шунтов.

Перевод В.Ю. Румянцева

Литература

1. De Graaf F.R., Schuijf J.D., van Velzen J.E. et al. Diagnostic accuracy of 320-row multidetector computed tomography coronary angiography in the non-invasive evaluation of significant coronary artery disease // *Eur. Heart J.*– 2010.– Vol. 31 (15).– P. 1908–1915.
2. De Graaf F.R., Schuijf J.D., van Velzen J.E. et al. Diagnostic accuracy of 320-row multidetector computed tomography coronary angiography to noninvasively assess in-stent restenosis // *Invest. Radiol.*– 2010.– Vol. 45 (6).– P. 331–340.
3. De Graaf F.R., Schuijf J.D. Evaluation of stents and grafts // *Euro Intervention.*– 2010.– Vol. 6 (Suppl. G).– P. G48–G56.
4. Dewey M., Zimmermann E., Deissenrieder F. et al. Non-invasive coronary angiography by 320-row computed tomo-

- graphy with lower radiation exposure and maintained diagnostic accuracy: comparison of results with cardiac catheterization in a head-to-head pilot investigation // *Circulation*.– 2009.– Vol. 120 (10).– P. 867–875.
5. George R.T., Arbab-Zadeh A., Miller J.M. et al. Adenosine stress 64- and 256-row detector computed tomography angiography and perfusion imaging: a pilot study evaluating the transmural extent of perfusion abnormalities to predict atherosclerosis causing myocardial ischemia // *Circ. Cardiovasc. Imaging*.– 2009.– Vol. 2 (3).– P. 174–182.
 6. Malagutti P., Nieman K., Meijboom W.B. et al. Use of 64-slice CT in symptomatic patients after coronary bypass surgery: evaluation of grafts and coronary arteries // *Eur. Heart J.*– 2007.– Vol. 28 (15).– P.1879–1885.
 7. Pasricha S.S., Nandurkar D., Seneviratne S.K. et al. Image quality of coronary 320-MDCT in patients with atrial fibrillation: initial experience // *Am. J. Roentgenol.*– 2009.– Vol. 193 (6).– P. 1514–1521.
 8. Uehara M., Funabashi N., Ueda M. et al. Quality of coronary arterial 320-slice computed tomography images in subjects with chronic atrial fibrillation compared with normal sinus rhythm // *Int. J. Cardiol.*– 2010.– Vol. 16.

Статтю надано представництвом Toshiba Medical Systems в Україні

F.R. de Graaf, E. van der Wall

Медичний центр Лейденського університету, Нідерланди

Точність відображення коронарних судин на 320-рядному комп'ютерному томографі Toshiba Aquilion ONE і приклади його застосування

Представлено нову неінвазивну методику визначення ступеня вираження ішемічної хвороби серця – 320-рядну комп'ютерну томографічну ангиографію, яка має високу діагностичну інформативність для оцінки патології коронарних артерій. Оскільки реєстрацію показників зображень виконують протягом одного удару серця, ця методика дозволяє провести швидкий збір даних зображень з короткою затримкою дихання, малою кількістю контрастного препарату і зниженим променевим навантаженням. Завдяки об'ємному відображенню усуваються артефакти східчастості. Методика також дозволяє одночасно відобразити анатомію й перфузію.

Ключові слова: коронарні артерії, атеросклеротичне ураження, комп'ютерна томографічна ангиографія.

F.R. de Graaf, E. van der Wall

Department of Cardiology, Leiden University Medical Center, The Netherlands

Diagnostic accuracy of 320-row CT Toshiba Aquilion ONE and challenging case scenarios

The article presents new non-invasive method of the evaluation of coronary artery disease – 320-row CT angiography. It is characterized by high diagnostic value in evaluation of the coronary arteries. The registration of the views and analysis of the parameters are performed during only one cardiac cycle. It makes possible to perform the study quickly, with short breath delay, small quantity of the contrast and low radiation exposure. Due to the volume visualisation there are no stepped artefacts. The method reflects anatomy along with perfusion.

Key words: coronary arteries, atherosclerosis, computer tomographic angiography.