



Оценка состояния коронарных шунтов при помощи компьютерной томографии на 64 срезах, наш начальный опыт

Baris M.M.*, Yilmaz E., Baris N.

Университет Dokuz Eylul, радиологическое и кардиологическое отделения, Mithatpasa Caddesi 35340,
Инджиралти, Измир, Турция

Авторы:

Mustafa Mahmut Baris, специалист по радиологии, Университет Dokuz Eylul, отделение радиологии

Erkan Yilmaz, профессор радиологии, Университет Dokuz Eylul, отделение радиологии;
Университет Sifa, отделение радиологии

Nezihi Baris, профессор кардиологии, Университет Dokuz Eylul, кардиологическое отделение

Резюме

Цель

Оценка эффективности компьютерно-томографической (КТ) ангиографии сердца на 64 срезах для обнаружения стенозов или окклюзий коронарных шунтов у пациентов.

Материал и методы

В исследование были включены 33 пациента с коронарным шунтированием в анамнезе, и которые были направлены в отделение радиологии для КТ коронарной ангиографии в период с декабря 2008 г по март 2010 г. У всех пациентов было проведено КТ исследование сердца. У 18 пациентов была выполнена и катетерная коронарная ангиография (КАГ) и КТ сердца. Результаты и изображения КТ-ангиографии сердца, результаты КАГ, результаты клинического обследования и другие данные пациентов оценивались ретроспективно.

Результаты

В исследование были изучены 94 шунта от 33 пациентов: 32 шунта из левой внутренней грудной артерии (ЛВГА), 1 из лучевой артерии и 61 из подкожной вены. У 18 пациентов, которым также была проведена КАГ, было 50 шунтов. 2 из этих 50 шунтов не были включены в статистический анализ, т.к. они не были визуализированы на КАГ из-за недостатков катетеризации. В общей сложности в статистический анализ были включены 48 шунтов. По сравнению с КАГ чувствительность КТ-ангиографии сердца в выявлении 50% или больше стенозов или окклюзий шунтов составила 95,4%; специфичность – 92,3%; точность – 93,7%; положительная прогностическая ценность – 91,3%, и отрицательная прогностическая ценность – 96%.

Заключение

КТ исследование сердца с 64 срезами является неинвазивным методом визуализации с высокой отрицательной прогностической ценностью при исследовании коронарных шунтов.

Ключевые слова

Коронарное шунтирование, коронарная ангиография, мультidetекторная компьютерная томография, ишемическая болезнь сердца, построение изображений.

Evaluation of coronary artery bypass grafts with 64 slice CT, our initial experience

Baris M.M.*, Yilmaz E., Baris N.

Authors:

Mustafa Mahmut Baris, MD, Specialist of Radiology, Dokuz Eylul University, Radiology Department

Erkan Yilmaz, MD, Professor of Radiology, Dokuz Eylul University, Radiology Department; Sifa University, Radiology Department

Nezihi Baris, MD, Professor of Cardiology, Dokuz Eylul University, Cardiology Department

Abstract

Aim

Purpose of our study is to assess the effectiveness of 64-slice cardiac computed tomography (CT) angiography, in detecting stenosis or occlusion of coronary bypass grafts in our patient population.

Material and methods

33 patients who have coronary bypass grafts and have applied to our radiology department for CT coronary angiography investigation between December 2008 and March 2010 were included in our study. All patients had cardiac CT investigation. 18 patients had both catheter coronary angiography (CCA) and cardiac CT. Cardiac CT angiography reports and images, CCA investigations, clinical follow-up and other results of the patients were evaluated retrospectively.

Results

94 grafts of 33 patients were included in our study. There were 32 left internal mammary arteries (LIMA), 1 radial artery, and 61 saphenous vein grafts. There were 50 grafts of 18 patients who also underwent CCA. 2 of these 50 grafts were not included in statistical analysis, because they could not be visualized in CCA due to lack of the catheterization. Totally, 48 grafts were included in statistical analysis. In comparison with CCA, the sensitivity of cardiac CT angiography in the detection of 50% or higher bypass graft stenosis or occlusion was 95.4%; specificity, 92.3%; accuracy, 93.7%; positive predictive value, 91.3%, and negative predictive value, 96%.

Conclusion

64 slice cardiac CT investigation is a non-invasive imaging technique with high negative predictive value for evaluation of coronary bypass grafts.

Key words

Coronary artery bypass, coronary angiography, multidetector computed tomography, coronary disease, imaging

Введение

Из-за высокой распространенности ишемической болезни сердца (ИБС) в западных странах реваскуляризация коронарных артерий (КА) стала одной из наиболее частых медицинских процедур [1]. С увеличением количества таких процедур возникла проблема долгосрочного наблюдения за этими пациентами [1].

Инвазивная коронароангиография (КАГ) используется с этой целью в качестве золотого стандарта [2]. Как любая инвазивная процедура она связана с риском осложнений: смерть, инфаркт миокарда, нарушение мозгового кровообращения, аритмии, диссекция КА и др., и высокой стоимостью госпитализации [2].

Мультиспиральная компьютерно-томографическая (МСКТ) коронарография является неинвазивным методом визуализации, и может быть выполнена в качестве амбулаторной процедуры. С появлением в 2005 г КТ на 64 среза, стало возможно построение изображений с высоким временным и специальным разрешением. Временное разрешение у КТ на 16 срезах составляет 105–250 миллисекунд (мс), при 64 срезах оно составляет 83–165 мс, а специальное разрешение увеличивается с $0,5 \times 0,5 \times 0,6$ миллиметров (мм) до $0,4 \times 0,4 \times 0,4$ мм [2].

В 2006 г. в клинической практике появилась КТ на 64 срезах с двойным источником, в 2007 г. – КТ на 256 срезах, а в 2008 – КТ на 320 срезах [3]. Вследствие этого прогресса стало возможным визуализировать сердце за один или два сокращения.

Цель настоящего исследования – оценить эффективность КТ-ангиографии сердца на 64 срезах при выявлении стеноза или окклюзии коронарных шунтов (КШ) у пациентов.

Материал и методы

В исследование были включены 33 пациента, которым было выполнено коронарное шунтирование, и проведена КТ сердца в радиологическом отделении в период с декабря 2008 г. по март 2010 г. У 18 из 33 больных были проведены как КАГ, так и КТ сердца. У других имелись результаты наблюдения после КТ сердца. Данные и изображения КТ-ангиографии сердца, результаты КАГ, данные клинического обследования и другие сведения о пациентах оценивались ретроспективно. Больные подписывали информированное согласие; было получено одобрение Ученого совета и этического комитета.

Всех пациентов пригласили на обследование через 6 ч после последнего приема пищи и через

12 ч от последнего приема кофеина. Зона сканирования была выбрана краниокаудально от апертуры грудной клетки к основанию сердца. Для методики болюсного контрастного усиления зона интереса размещалась в начале нисходящей аорты. Если частота сердечных сокращений (ЧСС) оказывалась > 75 уд./мин и противопоказания к приему β -адреноблокаторов (β -АБ) отсутствовали, пациентам вводили внутривенно (в/в) Beloc (Метопролола тартрат, Zeneca-Eczacıbaşı Health Products Co., Стамбул, Турция) в дозе 5 мг/мл. Метопролол разбавляли физиологическим раствором (0,9% NaCl) до 10 мл и медленно вводили. Большинству пациентов после коронарного шунтирования проводилась лекарственная терапия. У 50% больных не было необходимости в назначении β -АБ. Никому из этих пациентов не вводили > 15 мг метопролола (за 3 инъекции).

Все КТ-ангиографии сердца выполняли на 64-спиральном КТ (Philips Brilliance 64; Philips Medical Systems, Голландия). Трансаксиальные срезы выстраивались с шагом 0,45 мм, эффективная толщина среза составляла 0,9 мм, матрица изображения – 512×512 пикселей и поле зрения – 220 мм. Коллимация составила $64 \times 0,625$ мм, а время вращения гентри – 0,4 сек. Был установлен фильтр сканирования (ядро) Xres Стандартный (Xres Standard, XCB), шаг – 0,2. При наличии у больного стентов в КШ или КА, использовали фильтр Xres Усиленный для стентов (Xres Detailed Stent, XCD). Мощность рентгеновской трубки составила 120 киловольт (кВ) при 800 миллиампер-секунд (мАс). Эти значения увеличивали до 900–1000 мАс и 140 кВ, если пациент страдал ожирением. Пациентам вводили от 90 до 120 мл неионных йодсодержащих контрастных веществ с последующим введением 40 мл физиологического раствора. Физиологический раствор содержал 20% неионных контрастных веществ. В качестве контраста использовали препараты Ultravist-370 (иопромид, Bayer Schering Pharma AG., Лёверкузен, Германия) или Iomeron 400 (иомепрол, Bracco S.p.A. – Gürel İlaç Tic. A.S., Стамбул, Турция). Контраст вводили со скоростью 6 мл в сек. Доза облучения в КТ-исследовании соответствовала литературным данным для 64-спиральных томографов.

Все сканирования были реконструированы с помощью ретроспективной синхронизации. Получали и оценивали различные переформатированные изображения (80%, 75%, 45%, 35% и т. д.). Все стандартные и переформатированные изображения оценивали два независимых рентгенолога

с опытом в КТ сердца с помощью рабочей станции Philips Extended Brilliance TM (V3.5.0.2254, Philips Electronics N.V.2004). Артериальные и венозные КШ оценивали на предмет окклюзии, стеноза и состоятельности, подготавливали заключение. При отсутствии прохождения контраста КШ считали окклюзированным. При наличии сужения диаметра КШ (в сравнении с нормальным диаметром КШ до или сразу после сужения) до $\geq 50\%$, КШ считался стенозированным. Если просвет оставался нормальным или сужение составило $< 50\%$, КШ считали состоятельным. Если имелось разночтение между заключениями двух рентгенологов, КШ снова оценивали оба специалиста, и принималось совместное решение. В статистическом анализе окклюзии и стенозы ($\geq 50\%$) сводили в одну группу.

В исследование были включены 94 КШ от 33 пациентов. 50 КШ были у 18 пациентов, которым также выполняли КАГ. 2 из этих 50 КШ не включали в статистический анализ, поскольку они не могли быть визуализированы на КАГ из-за недостатков катетеризации. Итого, в статистический анализ включили 48 шунтов. Результаты КТ сердца сравнивали с результатами КАГ. Данные по КТ сердца 44 шунтов от 15 пациентов, которым не выполняли КАГ, обсуждены в тексте отдельно. В соответствии с данными клинического обследования, результатами лабораторных анализов и длительного наблюдения, по мнению лечащих кардиологов, КАГ не требовалась у пациентов этой группы.

Статистический анализ выполняли с использованием программного обеспечения для WINDOWS – SPSS версии 15.0 (SPSS Inc. Чикаго, штат Иллинойс, США). Для сердечной КТ-ангиографии рассчитывали чувствительность, специфичность, точность, положительную прогностическую значимость и отрицательную прогностическую значимость. Оценивали коэффициенты корреляции МакНемара, Каппа и Спирмена. Статистически значимым считалось значение $p < 0,05$. Коэффициенты корреляции были интерпретированы следующим образом: 0,00–0,20 – плохая корреляция; 0,21–0,40, – слабая корреляция; 0,41–0,60 – умеренная корреляция; 0,61–0,80 – сильная корреляция; и 0,81–1,00 – отличная корреляция.

Результаты

При проведении КТ-ангиографии ни у кого из пациентов не наблюдали серьезных побочных эффектов.

Демографические характеристики больных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Демографические характеристики пациентов

Характеристика пациентов	Значение
Возраст (лет)	
Средний	62
Разброс	{42–76}
Пол	
Женщин	6
Мужчин	27
Период между КАГ и КТ сердца	
Максимальный	10 мес.
Минимальный	1 сут.
Средний*	44 сут.
Период между операцией коронарного шунтирования и КТ сердца	
Наибольший период	21 год
Кратчайший период	10 мес.
Среднее	6 лет**

Примечание: * Если исключить 2 пациентов, у которых интервал между КАГ и КТ сердца оказался > 1 мес., среднее значение снижается до 14 сут.;

** Среднее значение времени между операцией и КТ сердца составило 5,96 лет и округлено до 6 лет.

Имели 33 артериальных КШ – 32 из левой внутренней грудной артерии (ЛВГА), 1 из лучевой артерии (ЛА) и 61 венозный КШ – все из подкожной вены ноги. Распределение КШ по типам и локализации дистального анастомоза представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение КШ в зависимости от типа КШ и места дистального анастомоза

Сосуд, с которым соединен дистальный анастомоз	Шунт из подкожной вены	Артериальный шунт (ЛВГА, ЛА)
ПНА	1	31
Диагональная артерия	14	1
Огибающая артерия	5	–
Артерия тупого края	20	1*
ПКА**	20	–
Артерия острого края	1	–
Всего	61	33

Примечание: * КШ из лучевой артерии (ЛА) приведен;

** Один из КШ, имевших дистальный анастомоз с ПКА, проксимально был соединен с плечеголовным стволом из-за диффузного и тяжелого атеросклеротического поражения восходящей аорты.

При КТ сердца было обнаружено 8 (25%) окклюзий КШ из ЛВГА, тяжелый стеноз ($\geq 50\%$) 2 КШ из ЛВГА и состоятельность 22 (69%) ЛВГА КШ. Один ЛВГА шунт, который по данным КТ имел 50% стеноз, был описан по данным КАГ как состоятельный. Один ЛВГА шунт, состоятельный по данным КТ сердца, не был включен в статистический анализ данных КАГ из-за отсутствия катетеризации и визуализации. По данным КТ сердца из КШ из подкожной вены ноги было 16 случаев окклюзии, 6

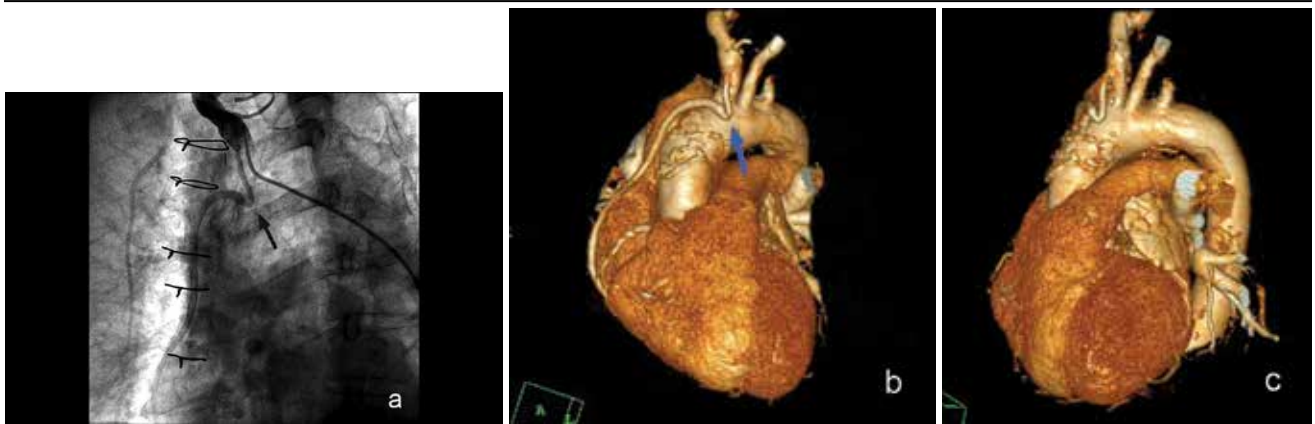


Рис. 1, а, в, с. Изображение КАГ (а) и первое изображение объемной реконструкции (ОР) при КТ (b) показывают стеноз шунта из подкожной вены ноги (ШПВ) между брахиоцефальным стволом и ПКА > 50%. С другого угла на втором ОР изображении (с) стеноз, кажется, < 50%.



Рис. 2, а, в, с. Изображения КАГ (а), проекции максимальной интенсивности (ПМИ) (b) и ОР (с) демонстрируют выраженный стеноз ШПВ между аортой и ПК; на рис. 2b стеноз высокой степени.

с выраженным стенозом ($\geq 50\%$) и 39 состоятельных венозных КШ. Один венозный КШ, считавшийся стенозированным по данным КТ сердца, был оценен как состоятельный при КАГ. В другом венозном шунте был обнаружен по данным КАГ 70% стеноз, в то же время он имел стеноз < 50% по данным КТ, и рассматривался состоятельным (рисунок 1). Один трансплантат КШ из ЛА был состоятельным по данным обоих исследований.

В группе пациентов с выполненной КАГ (48 КШ у 18 пациентов), 21 (95,4%) из 22 КШ, которые были окклюзированы или стенозированы по данным КАГ, были найдены окклюзированными и стенозированными тоже (рисунок 2) (таблица 3). 24 (92,3%) из 26 КШ, которые были состоятельны на КАГ, были также найдены состоятельными на КТ сердца. 2 КШ, которые казались состоятельными по данным КТ сердца, по данным КАГ были состоятельными. 2 КШ (1 ЛВГА, 1 подкожной вены), состоятельные по данным КТ сердца, не были включены в статистический анализ из-за невозможности катетеризации во время КАГ.

Таблица 3

Сравнение КТ сердца с КАГ

			КАГ		Всего
			окклюзированных	состоятельных	
КТ	окклюзированных	число	21	2	23
		% среди КТ	91,3%	8,7%	100,0%
	состоятельных	число	1	24	25
		% среди КТ	4,0%	96,0%	100,0%
Всего		число	22	26	48
		% среди КТ	45,8%	54,2%	100,0%

В общей группе пациентов, суммарно 32 из 92 КШ были окклюзированы, и 60 были состоятельными по результатам КТ. В группе клинического наблюдения было 44 КШ от 15 пациентов. 35 из этих 44 КШ по данным КТ были состоятельными. Окклюзию или тяжелый стеноз обнаружили на КТ сердца в 9 КШ у этих 15 пациентов. Пациенты оценивались в течение периода наблюдения по наличию состоятельности КШ из ЛВГА, по наличию

хотя бы одного состоятельного КШ, наличием болей в грудной клетке, реакции на максимальную медикаментозную терапию, изменениям ЭКГ и результатам сцинтиграфии миокарда. Несмотря на обнаружение по данным КТ сердца окклюзий в некоторых КШ, решение по дальнейшему клиническому ведению пациентов с этими КШ принималось кардиологом по рекомендациям American Heart Association (АНА) и American College of Cardiology (ACC) и результатам обследований, приведенных выше. Самый длинный период наблюдения составил 10 мес. и самый короткий – 2 мес.

Результаты статистического анализа

Статистически анализировали 48 КШ у 18 пациентов, которым выполняли КАГ. По сравнению с КАГ, чувствительность КТ-ангиографии сердца в выявлении $\geq 50\%$ стенозов и окклюзий КШ составила 95,4%; специфичность – 92,3%; точность – 93,7%; положительная прогностическая значимость – 91,3%, и отрицательная прогностическая значимость – 96%. Статистически значимых различий между двумя методами исследования не обнаружили ($p > 0,05$). Для этих двух методов каппа (κ) и g коэффициенты составили 0,87 и 0,0875, соответственно, что говорит об отличном согласовании.

Обсуждение

Селективная КАГ является золотым стандартом для оценки состояния КШ. Но она является инвазивной процедурой, и несет в себе риск серьезных осложнений [2]. С другой стороны, недавний прогресс в технологии МСКТ позволяет считать КТ сердца неинвазивной альтернативой КАГ методикой для оценки состояния КШ. В 2006 г. Ropers D, et

al. [4], а в 2007 г. Feuchtner GM, et al. [2] сообщали, что ни один из КШ не был исключен из исследований из-за плохого качества изображения. В своих исследованиях они использовали КТ на 64 срезах. Как и в этих двух исследованиях, ни один пациент не был исключен из настоящего исследования в связи с плохим качеством изображения.

В исследовании [2] оценивали состояние 70 КШ от 41 пациента, чувствительность 64-спиральной КТ в выявлении $\geq 50\%$ степени стенозов или окклюзий КШ составила 85%, а специфичность 95%. Окклюзии и стенозы КШ от $\geq 50\%$ были объединены в одну группу. Число пациентов ($n = 33$) было меньше, чем в работе [2], но число исследованных КШ ($n = 92$) было больше. Feuchtner GM, et al. в своем исследовании наблюдали корреляцию с КАГ для всех КШ. В представленном исследовании чувствительность составила 95,4%, а специфичность 92,3%. Чувствительность оказалась выше, чем в работе [2]. С другой стороны, в работе [4] оценивали 138 КШ, и обнаружили, что чувствительность 64-спиральной КТ в выявлении $\geq 50\%$ стенозов или окклюзий КШ составила 100%, а специфичность 94%. Чувствительность и специфичность настоящего исследования лежат между результатами этих двух исследований. Пациенты с наличием стенозов в КШ или собственных КА были исключены из исследования [4]. Кроме того, в этом исследовании пациентам перед КТ сердца, для поддержания ЧСС < 60 уд./мин, проводили гораздо более агрессивную терапию β -АБ *per os* и *v/v* по сравнению с представленной работой. Из исследования не исключали пациентов со стентами в их КШ (рисунки 3, 4). Если ЧСС составляла ≤ 70 уд./мин, проводили КТ сердца без назначения β -АБ. Полагаем, что более



Рис. 3, а, б. Окклюзированный ШПВ показан на изображении ПМИ (а) и ОР (б). В проксимальной части шунта расположен окклюзированный стент; на рисунке 3 а: стент.

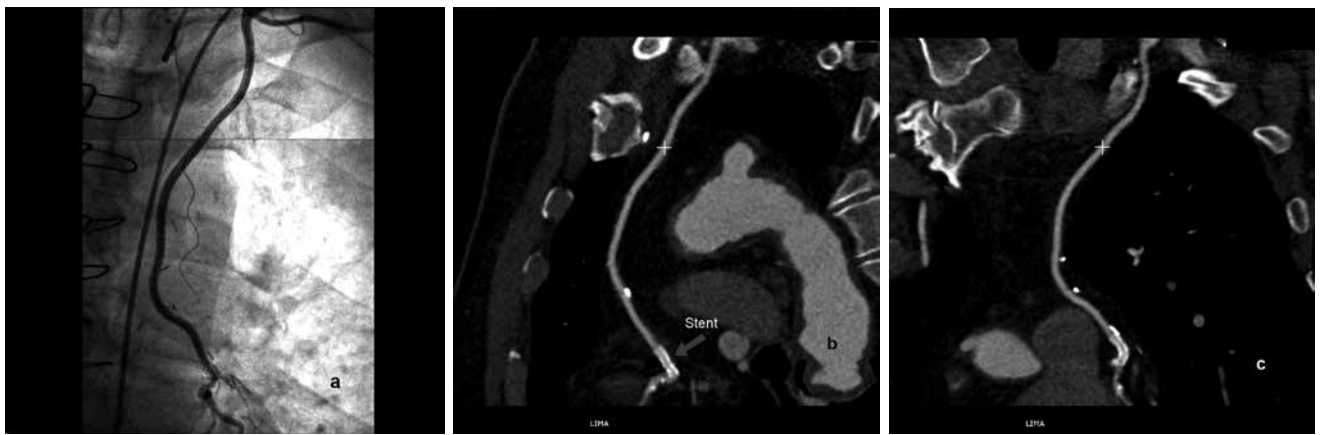


Рис. 4, а, б, с. На изображении КАГ показан проходимый ЛВГА КШ (а). ПМИ изображения (b и c) показывают проходимый ЛВГА КШ и стент в области дистального анастомоза.

низкие чувствительность и специфичность в исследовании по сравнению с работой других авторов можно объяснить этими различиями.

В исследовании Feuctner GM, et al. максимальный интервал между выполнением КТ и КАГ составил 2 нед. В настоящем исследовании, средний интервал между двумя исследованиями равен 44 сут. Были 2 пациента с длительным периодом (300 сут. и 252 сут.) между двумя исследованиями. Первый пациент (интервал в 300 сут.) имел 1 КШ, и КШ был окклюзирован по данным обоих исследований. У другого пациента было 2 КШ, которые были определены как состоятельные по данным обоих исследований. В силу этого, считаем, что большой промежуток между исследованиями не сказался на полученных результатах. Если исключить этих пациентов, средний интервал снижается до 14 сут.

В 2006 г. Pache G, et al. 2006 [5] сообщали, что 2 венозных КШ и один артериальный не были визуализированы при КАГ. Аналогично, в представленном исследовании 1 КШ из подкожной вены ноги и 1 КШ из ЛВГА не были визуализированы, и состояние 1 проходимого венозного КШ правой коронарной артерии (ПКА) было неправильно интерпретировано как устье окклюзированной ПКА во время КАГ.

Показания к повторной операции у пациентов с коронарным шунтированием были описаны в рекомендациях АСС/АНА [6]. Наличие функционирующего ЛВГА КШ, соединенного с левой передней нисходящей КА (ПНА) и преходящей ишемии других областей сердца, при потере этого функционирующего КШ требует повторной операции [6]. В представленном исследовании 44 КШ у 15 пациентов, которым не выполняли КАГ, были оценены только по результатам КТ сердца. 2 из 14 ЛВГА КШ из этой группы были окклюзированы, и один имел стеноз по данным КТ сердца. У всех этих трех па-

циентов имелись дополнительные состоятельные КШ. У каждого пациента в группе клинического наблюдения был хотя бы один состоятельный КШ. Вследствие этого, было принято заключение, что при клиническом наблюдении решать будет кардиолог согласно критериям АСС/АНА.

В 2009 г. в исследовании [7] использовали 64-спиральную КТ для оценки 73 КШ у 25 пациентов. В этом исследовании КАГ для сравнения с результатами КТ не проводили. Для ранней диагностики дисфункции КШ использовали динамику клинической картины, кардиоспецифичные маркеры, исследование гемодинамики. В 2009 г. Bassri H, et al. [8] использовали 16-спиральную КТ для оценки 366 КШ без выполнения КАГ для сравнения. Как и в этих двух исследованиях, для группы клинического наблюдения авторы не проводили КАГ.

Основным ограничением настоящего исследования было исследование 15 пациентов (44 КШ) только с помощью КТ сердца и без сравнения с КАГ. Но, как уже упоминалось выше, в некоторых недавних исследованиях, которые были посвящены 64-спиральной КТ, также отсутствовала сравнительная КАГ из-за высокой чувствительности и специфичности 64-спиральной КТ. Другим ограничением исследования была ретроспективность. Из-за этого стандартное качество обследования не могло быть получено. В исследовании общее число КШ, особенно с дополнительной КАГ, было небольшим. В литературе имеются крупные исследования, например Meyer TS, et al. 2007, анализировали 406 шунтов от 138 больных [9].

Технология КТ прогрессировала в последнее время очень быстро. В 2006 г. в клинической практике появилась 64-спиральная КТ с двойным источником, в 2007 г. – 256-спиральная КТ, а в 2008 – 320-спиральная КТ [3].

Dewey M, et al. 2009 [10] использовали в своем исследовании 320-спиральную КТ, и обследовали 30 пациентов. Чувствительность метода составила 100%, а специфичность – 94%. В этом исследовании, средняя эффективная доза облучения при КТ сердца на 320-спиральном аппарате составила 4,2 миллизиверта (мЗв). С другой стороны, при КАГ она составила 8,5 мЗв. В данной работе было указано, что 87% пациентов предпочли бы КТ, а не КАГ, если исследование КА снова понадобится в будущем.

Учитывая недавний прогресс в технологиях КТ, упомянутый выше, считаем, что не было бы преувеличением сказать, что в будущем для всех диагностических исследований будет проводиться КТ сердца, а не КАГ.

Заключение

Исследование сердца при помощи 64-спирального КТ является неинвазивным методом для визуализации КШ после операции коронарного шунтирования с высокой негативной прогностической ценностью. В исследовании было показано, что в группе пациентов университетской больницы, 64-спиральная КТ сердца имеет высокую специфичность и чувствительность в оценке состоятельности КШ, что согласуется с литературными данными.

Таким образом, считаем этот метод важной альтернативой катетерной КАГ, которая до сих пор считается золотым стандартом в исследовании КШ.

Литература

1. Budoff M, Shinbane J. Cardiac CT imaging – Diagnosis of cardiovascular disease. 1st ed. London: Springer-Verlag 2006;55–7, 135–78.
2. Feuchtner GM, Schachner T, Bonatti J, et al. Diagnostic performance of 64-slice computed tomography in evaluation of coronary artery bypass grafts. *AJR*. 2007;189:574–80.
3. Karabulut N. Çok kesitli bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi: Genel ilkeler, teknik ve klinik uygulamalar [Multislice computerized tomography coronary angiography: general principles, technique and clinical applications]. *Anadolu Kardiyol Derg*. 2008;8 Suppl 1:29–37.
4. Ropers D, Pohle FK, Kuettner A, et al. Diagnostic accuracy of non-invasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330-ms gantry rotation. *Circulation*. 2006;114:2334–41.
5. Pache G, Saueressig U, Frydrychowicz A, et al. Initial experience with 64-slice cardiac CT: non-invasive visualization of coronary artery bypass grafts. *Eur Heart J*. 2006;27:976–80.
6. Eagle KA, Guyton RA, Davidoff R, et al. ACC/AHA 2004 Guideline Update for Coronary Artery Bypass Graft Surgery. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1999 Guidelines for Coronary Artery Bypass Graft Surgery). *JACC* 2004;e284–5.
7. Mannacio VA, Imbriaco M, Iesu S, et al. 64-Slice Multidetector Computed Tomographic Evaluation of Arterial Conduit Patency after Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting. *Tex Heart Inst J*. 2009;36 (5):409–15.
8. Bassri H, Salari F, Noohi F, et al. Evaluation of early coronary graft patency after coronary artery bypass graft surgery using multislice computed tomography angiography. *BMC Cardiovasc Disord*. 2009;9:53. DOI:10.1186/1471-2261-9-53.
9. Meyer TS, Martinoff S, Hadamitzky M, et al. Improved non-invasive assessment of coronary artery bypass grafts with 64-slice computed tomographic angiography in an unselected patient population. *JACC*. 2007;49:946–50.
10. Dewey M, Zimmermann E, Deissenrieder F, et al. Non-invasive Coronary Angiography by 320-Row Computed Tomography With Lower Radiation Exposure and Maintained Diagnostic Accuracy. *Circulation*. 2009;120:867–75.