

Возможности мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике заболеваний сердца

Л. А. Бокерия*, Газал Белал

ФГБУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л. А. Бокерия) РАМН, Москва

В настоящее время мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) стала распространенным методом диагностики заболеваний сердца. МСКТ для диагностики атеросклеротического поражения сосудов используется с 90-х годов прошлого века. В начале развития метода прямая визуализация коронарных артерий, детальное изучение сердца были невозможны ввиду низкой разрешающей способности и высокого процента артефактов от сокращений сердца.

Первые двухспиральные томографы с двумя рядами детекторов были представлены в 1992 г. Сегодня в некоторых клиниках уже имеются 320-срезовые компьютерные томографы. Эти томографы, впервые представленные в 2007 г. компанией «Toshiba», являются новым витком эволюции рентгеновской компьютерной томографии. Они позволяют не только получать изображения, но и дают возможность наблюдать почти что в реальном времени физиологические процессы, происходящие в головном мозге и в сердце. В данной статье освещены возможности МСКТ в диагностике заболеваний сердца.

Ключевые слова: мультиспиральная компьютерная томография, ишемическая болезнь сердца.

Currently, multislice computed tomography (MSCT) has acquired enormous popularity in the diagnosis of heart disease. MSCT for the diagnosis of atherosclerosis was used in 90th. But detailed study of the heart was not possible because of the low resolution and a high percentage of artifacts from the contraction of the heart. The first MSCT with two rows of detectors was introduced in 1992. Today, some clinics already have a 320-slice computed tomography. These tomograph firstly was introduced in 2007 by «Toshiba», is a new evolutionary step of X-ray computed tomography. They can not only receive high resolution images, but also provide an opportunity to observe physiological processes in the brain and heart. In this article, we present the possibility of multislice computed tomography in the diagnosis of heart disease.

Key words: multislice computed tomography, ischemic heart disease.

Введение

В последнее время мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) стала распространенным методом диагностики заболеваний сердца. В большинстве публикаций, посвященных данному методу визуализации, приводятся близкие к абсолютным показатели параметров сердца. МСКТ для диагностики атеросклеротического поражения сосудов используется с 90-х годов прошлого века. В начале развития метода прямая визуализация коронарных артерий и детальное изучение сердца были невозможны ввиду низкой разрешающей способности и высокого процента артефактов от сокращений сердца [1].

Первые двухспиральные томографы с двумя рядами детекторов были представ-

лены в 1992 г. компанией «Elsint Co». А в 1998 г. – четырехспиральные, соответственно с четырьмя рядами детекторов. В новом поколении МСКТ было увеличено количество оборотов рентгеновской трубки с одного до двух в секунду. Таким образом, четырехспиральные томографы пятого поколения на сегодняшний день в 8 раз быстрее, чем обычные спиральные компьютерные томографы четвертого поколения. В 2004–2005 гг. были представлены 32-, 64- и 128-срезовые мультиспиральные компьютерные томографы, в том числе с двумя рентгеновскими трубками. Сегодня в некоторых клиниках уже имеются 320-срезовые томографы, которые впервые представлены в 2007 г. компанией «Toshiba», и это новый виток эволюции

* E-mail: leoan@heart-house.ru

рентгеновской компьютерной томографии. Они не только позволяют получать изображения, но и дают возможность наблюдать почти что в реальном времени физиологические процессы, происходящие в головном мозге и в сердце.

В настоящее время 64-срезовая МСКТ используется в диагностике сердечно-сосудистой системы при таких заболеваниях сердца и крупных сосудов, как: 1) ишемическая болезнь сердца; 2) заболевания аорты (коарктация, аневризма, диссекция и т. д.); 3) поражение периферических артерий (облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей, атеросклероз сонных артерий и т. д.); 4) миокардиты; 5) перикардиты; 6) инфекционные эндокардиты; 7) тромбоз легочной артерии; 8) врожденные аномалии развития сердечно-сосудистой системы; 9) приобретенные пороки сердца (к примеру, кальциноз аортального клапана с развитием стеноза или недостаточности и т. д.); 10) аритмии [20, 22].

Мультиспиральная компьютерная томография в диагностике ишемической болезни сердца

Степень кальциноза коронарных артерий может быть количественно выражена с помощью кальциевого индекса (КИ). Доказано, что КИ имеет тесную взаимосвязь с тяжестью коронарного атеросклероза, наличием гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий и риском развития коронарных осложнений [3, 20, 22, 23]. В МСКТ преимущественно используется подсчет КИ по методике Агатсона, предложенной в 1990 г.: КИ вычисляют путем умножения площади кальцинированного поражения коронарной артерии на условный фактор плотности. Фактор плотности вычисляют по пиковой плотности зоны кальциноза, выражаемой в единицах Хоунсфилда — G. Hounsfield (HU). Он принимается за 1 ед для кальцинатов плотностью 130–199 HU, 2 ед — для кальцинатов плотностью 200–299 HU,

3 ед — для кальцинатов плотностью 300–399 HU, 4 ед — для кальцинатов плотностью 400 HU и более. Суммарный КИ вычисляется путем сложения индексов, определенных на всех томографических срезах. Алгоритм расчета КИ по Агатсону был разработан для систем, использующих пошаговый режим с толщиной среза 3 мм. Поэтому при его использовании на системах МСКТ с объемным режимом томографии и тонкими срезами необходимо применять корректирующие коэффициенты. Для преодоления этих ограничений предложены более перспективные методы, такие как объемный КИ и оценка массы фосфата кальция [17]. Алгоритм подсчета объемного КИ был предложен Т. Callister и соавт. [7]. Объемный КИ определяют с помощью программного обеспечения томографа полуавтоматически, используя метод изотропной интерполяции. При этом автоматически выделяют и суммируют объемные элементы изображений с плотностью, соответствующей плотности фосфата кальция (более 130 HU). Доказано, что объемный КИ более воспроизводим, чем КИ, рассчитанный по методу Агатсона [12]. Н. Уооп и соавт. разработали алгоритм подсчета массы фосфата кальция [31]. Суммарная масса фосфата кальция исчисляется в миллиграммах, то есть в абсолютной величине. Для подсчета массы фосфата кальция необходима калибровка томографа с помощью калибровочного фантома.

Было доказано, что значение КИ отражает степень поражения сердечно-сосудистой системы и непосредственно коррелирует с частотой развития атеросклероза: чем выше показатель КИ, тем больше риск атеросклеротического поражения [26]. Так, при низком КИ от 10 ед и ниже вероятность атеросклероза коронарных артерий составляет не более 5–10%. При умеренном КИ (11–100 ед) возможность наличия 50% сужения не более 20%, при КИ 101–400 ед — 75%, то есть умеренно высокий риск атеросклероза. А при высо-

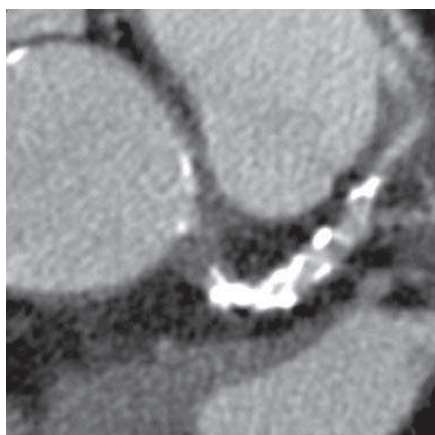


Рис. 1. Выраженный кальциноз ствола левой коронарной артерии и проксимальной части передней межжелудочковой ветви

ком КИ (более 400 ед) вероятность атеросклеротического поражения коронарных артерий составляет около 90% [26]. КИ является предиктором развития сердечно-сосудистых событий, частота случаев достоверно возрастала с увеличением показателя [9]. По данным некоторых авторов, кальцификация коронарных артерий имеет прогрессирующий характер и увеличивается на 15–25% в год без лечения. Некоторые исследования показывают, что терапия, снижающая количество липидов в крови, может снизить или остановить прогресс кальцификации [2, 8] (рис. 1).

Коронароангиография (КАГ) является «золотым стандартом» в диагностике поражений коронарных артерий, поэтому многими авторами было выполнено сравнение двух методов визуализации [15, 24, 25]. Большинство исследований показали, что 64-срезовая КТ коронарных артерий при диагностике гемодинамически значимого стенотического поражения имеет в сравнении с КАГ чувствительность 94–100%, специфичность 95–97%, положительную прогностическую ценность 87–97%, отрицательную 99–100% [13, 14, 18, 25]. Приведенные данные подтвердили идентичность результатов МСКТ и КАГ в диагностике атеросклероза венечных артерий.

Одним из широко распространенных неинвазивных методов диагностики ишемической болезни сердца (ИБС) является тест с физической нагрузкой. В исследовании М. Dewey и соавт. было проведено прямое сравнение теста толерантности к физической нагрузке с 16-срезовой МСКТ у 80 пациентов, которое показало значительное преимущество последней методики в выявлении коронарной болезни сердца: чувствительность составила 73 против 91%, специфичность 31 против 83% [27]. Таким образом, авторы пришли к выводу, что даже 16-срезовая МСКТ имеет более высокую диагностическую ценность, чем нагрузочные пробы для регистрации поражений коронарных артерий.

М. J. Garcia и соавт., изучив 187 пациентов с высоким коронарным КИ (более 600), отметили, что чувствительность 16-срезовой КТ была в диапазоне 89–94%, а специфичность составляла 51–67%. В заключение авторы указывают, что 16-срезовая КТ не является альтернативой диагностической коронарографии ввиду большого числа недиагностированных случаев поражения [16].

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что современная 64-срезовая МСКТ не уступает инвазивным методам, которые являются «золотым стандартом» (КАГ и аортоартериография (ААГ) в диагностике заболеваний периферических и коронарных артерий), и имеет перед селективной КАГ ряд преимуществ: 1) относительная простота выполнения диагностической процедуры; 2) отсутствие возможных интра- и послеоперационных осложнений; 3) скорость проведения исследования и получения информации; 4) отсутствие необходимости в госпитализации. Дополнительно к вышеизложенным преимуществам МСКТ дает характеристику атеросклеротической бляшки (выявление «мягких» бляшек, степени кальциноза и т. д.), определяет систолическую функцию сердца (по показателям диастолического и систолического объе-

мов левого и правого желудочка, проводится точный подсчет фракции выброса), выявляет зоны дискинезии миокарда левого желудочка, с дополнительной оценкой анатомии сердца и сосудов. Кроме того, для прогноза немаловажно, что за МСКТ сохраняется возможность определять перфузионную способность и оценивать жизнеспособность миокарда [5, 6, 21], это особенно актуально для пациентов с перенесенным инфарктом миокарда и больных с сердечной недостаточностью.

Распространенной областью клинического применения МСКТ в кардиологии стала неинвазивная шунтография. Первое сообщение об использовании КТ для оценки проходимости аортокоронарных шунтов было опубликовано еще в 1980 г. С появлением МСКТ и дальнейшим совершенствованием технических возможностей томографа и компьютерных программ построения реконструкций информативность неинвазивной оценки проходимости шунтов существенно возросла. Информативность методики возрастает при комплексном анализе поперечных послойных изображений и трехмерных реконструкций коронарных шунтов (рис. 2). Диагностическая эффективность МСКТ для оценки проходимости венозных аортокоронарных шунтов выше, чем при исследовании коронарных артерий, что связано с большим диаметром и малой подвижностью шунтов. Чувствительность и специфичность этих методик для выявления стенозов и окклюзий венозных шунтов приближаются к 100% [9, 22]. Наряду с оценкой состояния венозных шунтов возможна визуализация аутоартериальных шунтов и их различных модификаций (например, Y-образные артериальные и артериовенозные конструкции). В настоящее время это особенно актуально, так как при выборе техники операции предпочтение отдается артериальным шунтам или смешанным конструкциям.

Следует отметить, что существуют факторы, затрудняющие интерпретацию

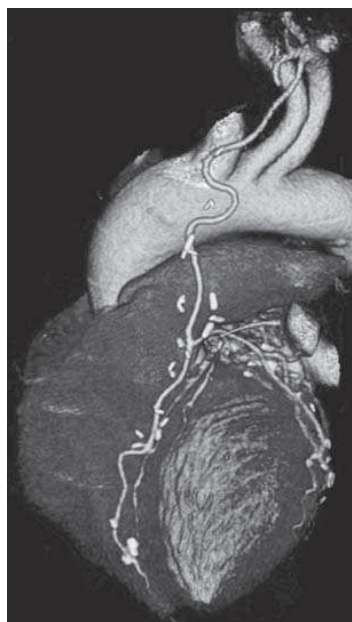


Рис. 2. Шунт левой внутригрудной артерии к передней межжелудочковой ветви

МСКТ-исследований артериальных шунтов. К ним относятся артефакты от металлических скобок по ходу артериального шунта, ограничение поля исследования в результате неполной задержки дыхания или вариантов вертикального расположения сердца. Кроме того, бывает затруднена диагностика стенозов артериальных шунтов из-за их малого диаметра и артефактов от скобок.

Мультиспиральная компьютерная томография в диагностике других заболеваний сердца

Помимо непосредственной визуализации коронарных артерий, одновременно, за одно исследование, 64-срезовая МСКТ позволяет неинвазивно диагностировать различные аномалии развития сердца и близлежащих сосудов, включая клапанную патологию [10, 13, 21]. В данной ситуации метод используется для более точной анатомической диагностики, необходимой для дальнейшего лечения, а также

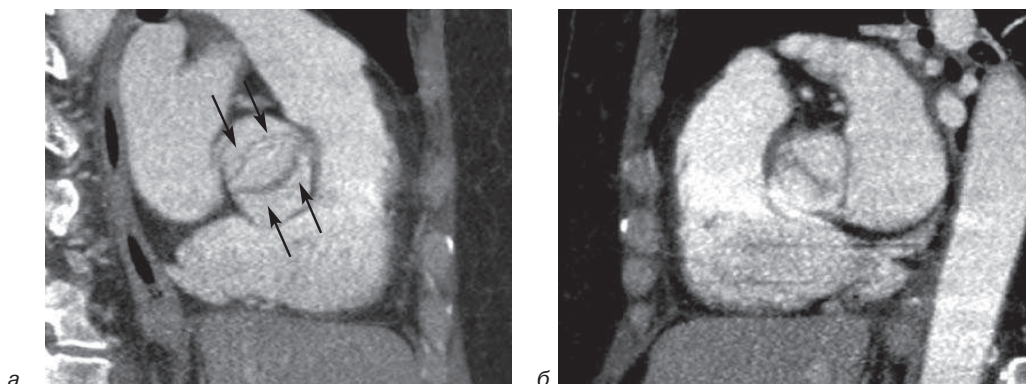


Рис. 3. Бicuspidальный аортальный клапан:
а – в фазе систолы; б – в фазе диастолы

позволяет одним исследованием заменить проведение множества других. К примеру, у пациента с дегенеративным стенозом аортального клапана, аневризмой начального отдела аорты перед планируемым протезированием клапана и начального отдела аорты необходимо оценить коронарный резерв для возможного дальнейшего одномоментного выполнения протезирования с реваскуляризацией. Таким образом, 64-срезовая МСКТ заменит диагностическую КАГ, ААГ и эхокардиограмму (ЭхоКГ), что значительно уменьшит время обследования больного без снижения диагностической ценности.

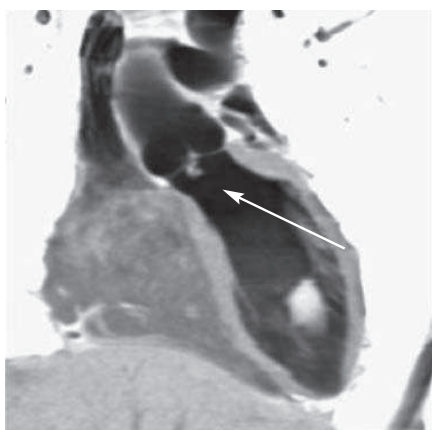


Рис. 4. Инфекционный эндокардит. Vegetации на аортальном клапане (стрелка)

Скорость и достоверность исследования важны во многих клинических ситуациях, например, описана возможность диагностики разрыва аневризмы синуса Вальсальвы при остром инфаркте миокарда с помощью 64-срезовой МСКТ. Интересно, что в представленном случае разрыв не был определен при проведении ЭхоКГ [11]. С помощью МСКТ возможна визуализация различных пороков сердца, например бicuspidального аортального клапана (рис. 3), выявление вегетаций на аортальном клапане при инфекционном эндокардите (рис. 4).

Известно, что пациенты с бicuspidальным аортальным клапаном имеют высокий риск развития аневризмы восходящего отдела аорты и ее диссекции, поэтому у таких пациентов важна точная диагностика поражения для проведения своевременной хирургической коррекции данной патологии (рис. 5).

Высокую визуальную способность МСКТ можно широко использовать у больных с различными нарушениями ритма сердца [29, 30]. Например, при аритмогенной дисплазии правого желудочка (для изучения структур правого желудочка); при изучении состояния полостей сердца у больных с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий или другими нарушениями ритма; при исследовании перед и после радиочастотной абляции для

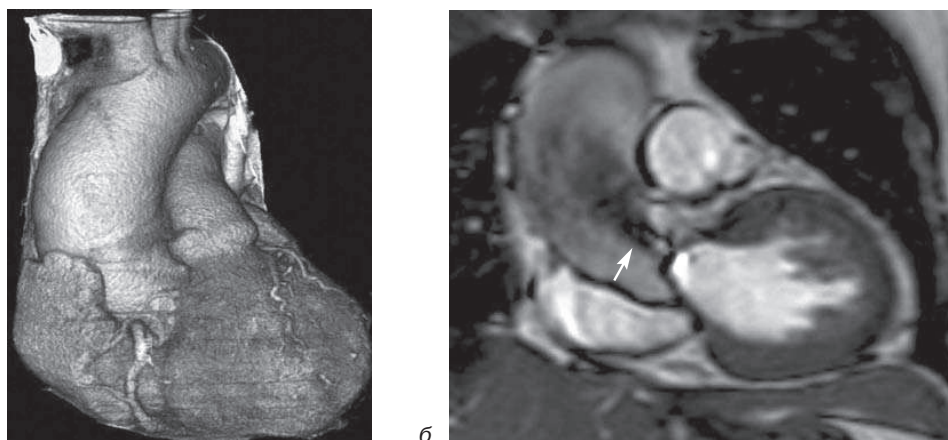


Рис. 5. Постстенотическое расширение аорты у больного с выраженным аортальным стенозом: *а* – трехмерная реконструкция; *б* – стрелкой указана хорошая визуализация струи крови

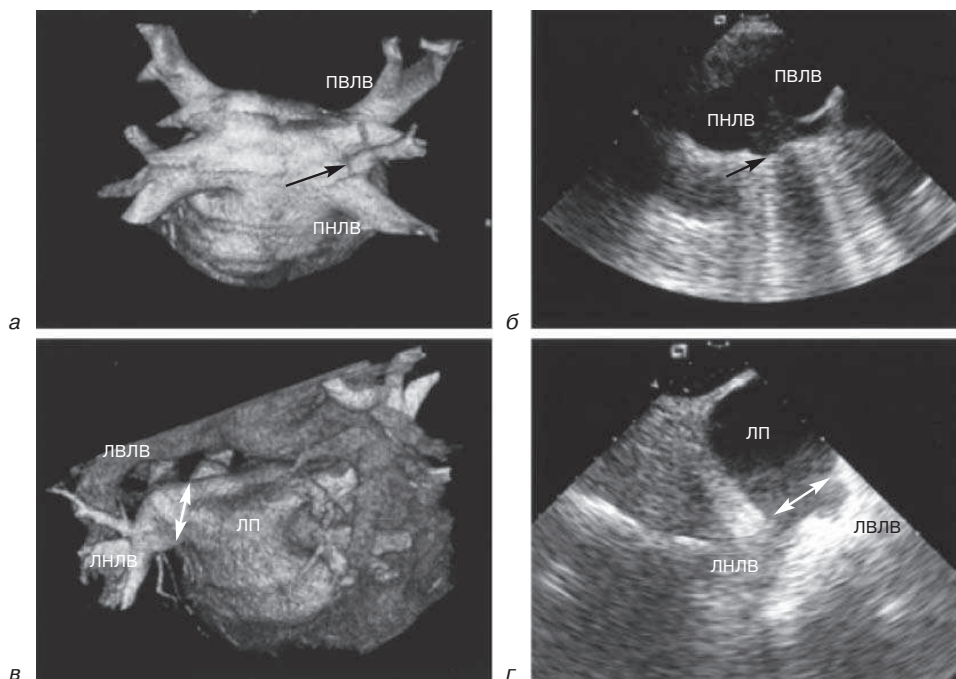


Рис. 6. Изменения легочных вен и анатомии сердца: добавочная правая легочная вена (стрелка), выявленная при МСКТ (*а*) и трансторакальной ЭхоКГ (*б*); общее устье (двойная стрелка) левой легочной вены, выявленное при МСКТ (*в*) и трансторакальной ЭхоКГ (*г*).

ПВЛВ – правая верхняя легочная вена; ПНЛВ – правая нижняя легочная вена; ЛВЛВ – левая верхняя легочная вена; ЛНЛВ – левая нижняя легочная вена

оценки возможных изменений легочных вен и анатомии сердца [19] (рис. 6); при идентификации тромба в ушке левого предсердия.

У пациентов с пароксизмальными формами фибрилляции предсердий для решения о дальнейшей тактике лечения необходимо уточнить наличие тромба в ушке

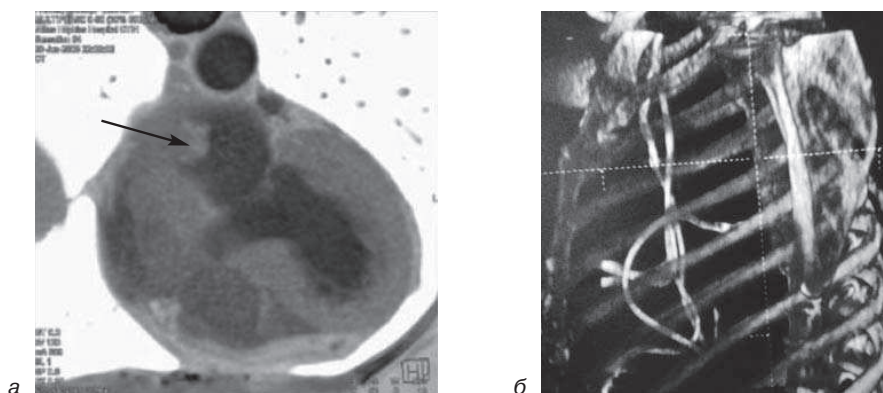


Рис. 7. Диагностика новообразований и определение расположения инородных тел внутри сердца: *а* – МСКТ сердца, миксома левого предсердия (стрелка); *б* – множественные эндокардиальные электроды для постоянной кардиостимуляции

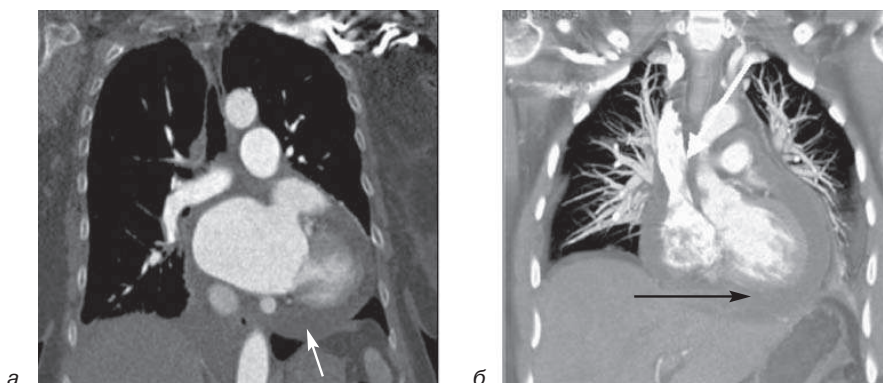


Рис. 8. Экссудативный перикардит, выпот (стрелки)

левого предсердия. Обычный способ диагностики – чреспищеводная ЭхоКГ, ее альтернатива – это проведение более комфортной МСКТ.

Еще одно направление 64-срезовой МСКТ – это диагностика новообразований сердца, инфильтрации миокарда при амилоидозе, саркоидозе [4, 28] (рис. 7, *а*). Высокая точность МСКТ позволит с высокой степенью достоверности уточнить локализацию поражения сердца, а также даст дополнительную возможность изучить состояние кровообращения в венечных артериях сердца, провести оценку перикардиальных структур, клапанов. Конечно, МСКТ позволяет определить и расположение инородных тел внутри сердца (рис. 7, *б*).

Экссудативный или рестриктивный перикардит или подозрение на заболевания перикарда, в том числе при воспалительных поражениях миокарда, тоже может быть выявлено при МСКТ-исследовании (рис. 8).

Заключение

Значимость МСКТ в диагностике заболеваний сердца и сосудов в настоящее время уже достаточно велика. Если принять во внимание темпы развития медицинской техники, то не вызывает сомнений дальнейший рост частоты использования этой методики в клинической практике. Учитывая современные тенденции развития МСКТ, можно с уверенностью сказать,

что объемная томография фактически стала новым стандартом для КТ.

В рекомендациях Европейского общества кардиологов уже определена роль скрининга кальциноза коронарных артерий как метода стратификации асимптомных пациентов с промежуточным риском коронарных событий. Огромный интерес вызывает неинвазивная коронарография коронарных артерий. Быстрота и надежность диагностики, достигаемые с помощью 16- и 64-срезовых КТ, привели к быстрому внедрению этого метода в повседневную практику кардиологии. Кроме того, современные методы КТ дают возможность высокоточной оценки функции сердца и клапанного аппарата. Единственным ограничением МСКТ являются слабые возможности метода в оценке перфузии миокарда, однако имеются основания полагать, что и это препятствие будет преодолено.

Много споров вызывает сопоставление возможностей КТ и магнитно-резонансной томографии (МРТ) при исследованиях сердца. Оба этих метода в настоящее время широко используются в клинике, и целесообразность их применения будет зависеть от целей исследования. Их диагностические возможности зависят также от вида оборудования, которым располагает диагностическое подразделение, опыта персонала, наличия расходных материалов, систем обработки и документирования данных и ряда других факторов.

Л и т е р а т у р а

1. Клиническая кардиология: диагностика и лечение / Под ред. Л. А. Бокерия, Е. З. Голуховой. В 3 т. Т. 1. М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2011. С. 342.
2. *Achenbach S., Ropers D., Pohle K.* et al. Influence of lipid-lowering therapy on the progression of coronary artery calcification: a prospective evaluation // *Circulation*. 2002. Vol. 106, № 9. P. 1077–1082.
3. *Anders K., Baum U., Schmid M.* et al. Coronary artery bypass graft (CABG) patency: assessment with high-resolution submillimeter 16-slice multi-detector-row computed tomography (MDCT) versus coronary angiography // *Eur. J. Radiol*. 2006. Vol. 57, № 3. P. 336–344.
4. *Arslan S., Gundogdu F., Acikel M.* et al. Asymptomatic cardiac lipoma originating from the interventricular septum diagnosed by multi-slice computed tomography // *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2007. Vol. 23, № 2. P. 277–279.
5. *Baks T., Cademartiri F., Moelker A. D.* et al. Multislice computed tomography and magnetic resonance imaging for the assessment of reperfused acute myocardial infarction // *J. Am. Coll. Cardiol*. 2006. Vol. 48, № 1. P. 144–152.
6. *Brodoefel H., Klumpp B., Reimann A.* et al. Late myocardial enhancement assessed by 64-MSCT in reperfused porcine myocardial infarction: diagnostic accuracy of low-dose CT protocols in comparison with magnetic resonance imaging // *Eur. Radiol*. 2007. Vol. 17, № 2. P. 475–483.
7. *Callister T. Q., Cooil B., Raya S. P.* et al. Coronary artery disease: improved reproducibility of calcium scoring with an electron-beam CT volumetric method // *Radiology*. 1998. Vol. 208, № 3. P. 807–814.
8. *Callister T. Q., Raggi P., Cooil B.* et al. Effect of HMG-CoA reductase inhibitors on coronary artery disease as assessed by electron-beam computed tomography // *N. Engl. J. Med*. 1998. Vol. 339, № 27. P. 1972–1978.
9. *Clouse M. E.* How useful is computed tomography for screening for coronary artery disease? Noninvasive screening for coronary artery disease with computed tomography is useful // *Circulation*. 2006. Vol. 113, № 1. P. 125–146; discussion 125–146.
10. *Czekajska-Chehab E., Staskiewicz G. J., Mazur-Siazka E.* et al. An unusual crossed course of separately originating left circumflex and left anterior descending arteries with concomitant anomalies found in multi-slice computed tomography // *Folia Morphol. (Warsz)*. 2005. Vol. 64, № 4. P. 334–337.
11. *Das K. M., El-Menyar A. A., Arafat S. E.* et al. Intracardiac shunting of ruptured sinus of Valsalva aneurysm in a patient presented with acute myocardial infarction: role of 64-slice MDCT // *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2006. Vol. 22, № 6. P. 797–802.
12. *Detrano R. C., Anderson M., Nelson J.* et al. Coronary calcium measurements: effect of CT scanner type and calcium measure on rescan reproducibility—MESA study // *Radiology*. 2005. Vol. 236, № 2. P. 477–484.
13. *Ehara M., Surmely J. F., Kawai M.* et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography for detecting angiographically significant coronary artery stenosis in an unselected consecutive patient population: comparison with conventional invasive angiography // *Circ. J*. 2006. Vol. 70, № 5. P. 564–571.
14. *Ferencik M., Nomura C. H., Maurovich-Horvat P.* et al. Quantitative parameters of image quality in 64-slice computed tomography angiography of the coronary arteries // *Eur. J. Radiol*. 2006. Vol. 57, № 3. P. 373–379.

15. *Fine J. J., Hopkins C. B., Ruff N.* et al. Comparison of accuracy of 64-slice cardiovascular computed tomography with coronary angiography in patients with suspected coronary artery disease // *Am. J. Cardiol.* 2006. Vol. 97, № 2. P. 173–174.
16. *Garcia M. J., Lessick J., Hoffmann M. H.* et al. Accuracy of 16-row multidetector computed tomography for the assessment of coronary artery stenosis // *JAMA.* 2006. Vol. 296, № 4. P. 403–411.
17. *Hoffmann U., Butler J.* Noninvasive detection of coronary atherosclerotic plaque by multidetector row computed tomography // *Int. J. Obes. (Lond.)*. 2005. Vol. 29. Suppl. 2. P. S46–53.
18. *Hoffmann U., Ferencik M., Cury R. C.* et al. Coronary CT angiography // *J. Nucl. Med.* 2006. Vol. 47, № 5. P. 797–806.
19. *Jongbloed M. R., Bax J. J., Lamb H. J.* et al. Multislice computed tomography versus intracardiac echocardiography to evaluate the pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: a head-to-head comparison // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005. Vol. 45, № 3. P. 343–350.
20. *Kopp A. F., Heuschmid M., Reimann A.* et al. Evaluation of cardiac function and myocardial viability with 16- and 64-slice multidetector computed tomography // *Eur. Radiol.* 2005. Vol. 15. Suppl. 4. P. D15–20.
21. *Lardo A. C., Cordeiro M. A., Silva C.* et al. Contrast-enhanced multidetector computed tomography viability imaging after myocardial infarction: characterization of myocyte death, microvascular obstruction, and chronic scar // *Circulation.* 2006. Vol. 113, № 3. P. 394–404.
22. *Maintz D., Seifarth H., Raupach R.* et al. 64-slice multidetector coronary CT angiography: in vitro evaluation of 68 different stents // *Eur. Radiol.* 2006. Vol. 16, № 4. P. 818–826.
23. *Pannu H. K., Jacobs J. E., Lai S.* et al. Gated cardiac imaging of the aortic valve on 64-slice multidetector row computed tomography: preliminary observations // *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2006. Vol. 30, № 3. P. 443–446.
24. *Plass A., Grunenfelder J., Leschka S.* et al. Coronary artery imaging with 64-slice computed tomography from cardiac surgical perspective // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2006. Vol. 30, № 1. P. 109–116.
25. *Raff G. L., Gallagher M. J., O'Neill W. W.* et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005. Vol. 46, № 3. P. 552–557.
26. *Rumberger J. A., Behrenbeck T., Breen J. F.* et al. Coronary calcification by electron beam computed tomography and obstructive coronary artery disease: a model for costs and effectiveness of diagnosis as compared with conventional cardiac testing methods // *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999. Vol. 33, № 2. P. 453–462.
27. *Schmermund A., Erbel R.* Non-invasive computed tomographic coronary angiography: the end of the beginning // *Eur. Heart J.* 2005. Vol. 26, № 15. P. 1451–1453.
28. *Smedema J. P., Truter R., de Klerk P. A.* et al. Cardiac sarcoidosis evaluated with gadolinium-enhanced magnetic resonance and contrast-enhanced 64-slice computed tomography // *Int. J. Cardiol.* 2006. Vol. 112, № 2. P. 261–263.
29. *Tops L. F., Bax J. J., Zeppenfeld K.* et al. Fusion of multislice computed tomography imaging with three-dimensional electroanatomic mapping to guide radiofrequency catheter ablation procedures // *Heart Rhythm.* 2005. Vol. 2, № 10. P. 1076–1081.
30. *Yamanaka K., Fujita M., Doi K.* et al. Multislice computed tomography accurately quantifies left atrial size and function after the MAZE procedure // *Circulation.* 2006. Vol. 114. Suppl. 1. P. I5–9.
31. *Yoon H. C., Goldin J. G., Greaser L. E., 3rd* et al. Interscan variation in coronary artery calcium quantification in a large asymptomatic patient population // *Am. J. Roentgenol.* 2000. Vol. 174, № 3. P. 803–809.

Поступила 20.06.2012