



Современные возможности компьютерной томографии в диагностике заболеваний сердца и коронарных артерий

ЖЕЛЕЗНЯК И.С., доктор медицинских наук, подполковник медицинской службы (rentgenyma@mail.ru)
МЕНЬКОВ И.А., кандидат медицинских наук, старший лейтенант медицинской службы запаса
РУДЬ С.Д., доцент, подполковник медицинской службы запаса
БАГНЕНКО С.С., доктор медицинских наук, подполковник медицинской службы
РАМЕШВИЛИ Т.Е., профессор
МАЛАХОВСКИЙ В.Н., профессор, полковник медицинской службы запаса
ГОРИНА Н.С.

Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург

В настоящее время КТ-коронарография является малоинвазивной альтернативной инвазивной коронарографии методикой в оценке проходимости коронарных артерий. Она позволяет определить большинство причин ишемии миокарда, в т. ч. варианты и аномалии развития коронарных артерий, визуализировать структурные изменения миокарда, получить данные о сократительной функции сердца, а также о возможных причинах ишемии миокарда при отсутствии атеросклеротического поражения коронарных артерий. КТ-коронарография является единственной малоинвазивной методикой количественной оценки просвета коронарных артерий, способной заменить инвазивную коронарографию. Однако только количественная оценка стенозов не позволяет определить их гемодинамическую значимость. Для выбора тактики лечения и планирования реваскуляризации сердца КТ-коронарография обязательно должна быть дополнена методиками, подтверждающими гемодинамическую значимость стенозов или ишемию миокарда.

К л ю ч е в ы е с л о в а: компьютерная томография, КТ-вентрикулография, коронарные артерии, атеросклероз, аномалии развития коронарных артерий.

Zheleznyak I.S., Menkov I.A., Rud S.D., Bagnenko S.S., Rameshvili T.E., Malakhovskii V.N., Gorina N.S. – Modern possibilities of computed tomography as a part of diagnosis of heart diseases and coronary arteries. Today CT-coronary angiography is a minimally invasive method, alternative to invasive coronary angiography, for coronary arteries permeability evaluation. This method allows defining a majority of myocardial ischemia causes, including variants and coronary arteries abnormal development, visualizing myocardial structural changes, receiving data on contraction function of the heart, and on possible causes of myocardial ischemia in case of the absence of coronary artery disease (atherosclerosis). CT-coronary angiography is the only minimally invasive method for quantitative evaluation of the coronary arteries lumen, which may replace invasive coronary angiography. But quantitative evaluation of lesion as the only method doesn't allow defining its hemodynamic relevance. For the appropriate tactics of treatment and planning of heart revascularization CT-coronary angiography should be accompanied by methods, which approve hemodynamic relevance of lesions or myocardial ischemia.

К e y w o r d s: computed tomography, CT-ventriculography, coronary arteries, atherosclerosis, coronary arteries abnormal development.

Наиболее частой причиной развития ишемии миокарда, по данным большинства авторов, является атеросклероз коронарных артерий. Даже при благоприятном течении ишемической болезни сердца (ИБС) отсутствие адекватного лечения ишемии миокарда со временем приводит к развитию острого инфаркта

миокарда, формированию рубца, ремоделированию миокарда и в дальнейшем – сердечной недостаточности. Кроме атеросклероза коронарных артерий, клиника ишемии, вплоть до развития инфаркта миокарда может наблюдаться при врожденных патологических состояниях коронарных артерий.



Инвазивная коронарография является «золотым стандартом» в оценке проходимости коронарных артерий. Она имеет высокую точность в определении стенозов проксимальных и средних сегментов коронарных артерий, однако ее диагностические показатели снижаются при наличии тяжелого сочетанного поражения, особенно в дистальных сегментах. Кроме того, методика является инвазивной, требует госпитализации пациента, сопряжена с риском развития серьезных осложнений и позволяет оценить степень стеноза только по диаметру сужения просвета (Фозилев Х.Г., 2011; Sabarudin A. et al., 2013).

В настоящее время для малоинвазивной количественной оценки просвета коронарных артерий используется компьютерно-томографическая (КТ) коронарография, которая позволяет визуализировать просвет и стенку коронарных артерий, оценить структуру атеросклеротической бляшки.

По сравнению с инвазивной коронарографией чувствительность методики в выявлении гемодинамически значимых стенозов варьирует от 68 до 97%, а специфичность от 95 до 98% (Терновой С.К. и соавт., 2013; Neefjes L.A. et al.,

2013). В этих же исследованиях отмечается высокая отрицательная прогностическая значимость методики (95–100%), позволяющая достоверно исключить гемодинамически значимые стенозы.

КТ-коронарография за счет высокой отрицательной прогностической значимости может использоваться для отбора пациентов на реваскуляризирующую операцию и выбора между хирургической и терапевтической тактикой лечения ИБС. Однако в исследовании G.Sadigh и соавт. (2013) доказано, что применение только КТ-коронарографии ведет к переоценке стенозов коронарных артерий по сравнению с инвазивной коронарографией и на основании только ее результатов не может быть принято решение о необходимости реваскуляризации.

При наличии выраженного кальциноза коронарных артерий диагностические показатели КТ-коронарографии снижаются. В исследовании V.K.Gudmundsdottir и соавт. (2013) отрицательная прогностическая значимость методики в выявлении стеноза более 50% снижается до 78,3% при кальциевом индексе более 600 ед. (рис. 1).

В отличие от инвазивной коронарографии КТ-коронарография позволяет

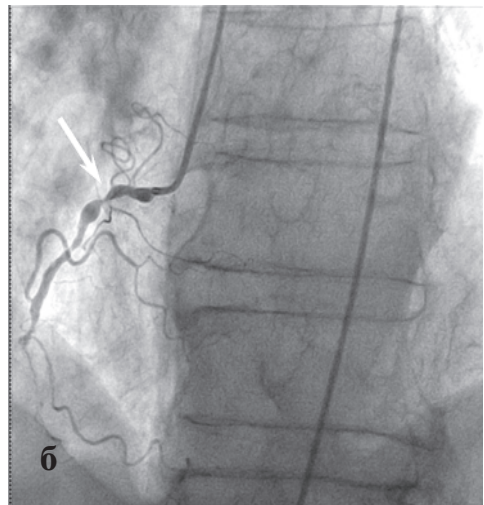
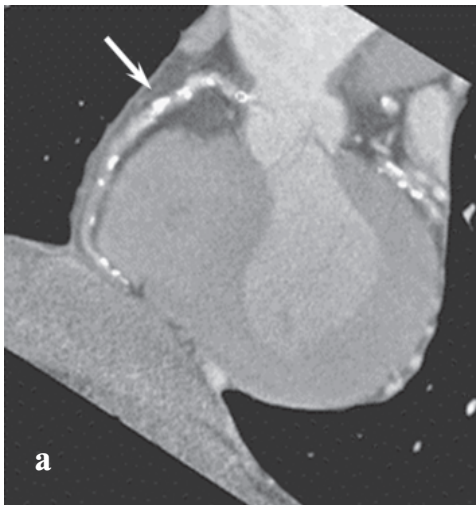


Рис. 1. Больной Г., 76 лет. При количественной оценке коронарного кальциноза индекс составил 658 единиц: а – КТ-коронарография – стеноз 95% диаметра правой коронарной артерии (ПКА) (стрелка); б – инвазивная коронарография – стеноз 85% (стрелка)



проводить количественную оценку стенозов не только по диаметру сужения, но и по площади сужения просвета коронарной артерии, лучше учитывать конфигурацию бляшек. G.Feuchtner и соавт. (2012) сравнивали диаметр и площадь стенозов коронарных артерий при КТ-коронарографии с внутрисосудистым ультразвуковым исследованием (УЗИ) и выявили высокую корреляцию и сравнимую точность. При КТ-коронарографии определялась тенденция к переоценке диаметра стеноза, в среднем на 9,1%, и недооценка площади стеноза на 5,8%. В исследовании A.Rossi и соавт. (2014) установлено, что оценка стеноза по площади при КТ-коронарографии лучше коррелирует с гемодинамической значимостью стеноза по данным оценки фракционного резерва кровотока, чем оценка стеноза по диаметру.

Применение КТ-коронарографии позволяет оценить структуру атеросклеротических бляшек, дифференцировать мягкие, обызвествленные и смешанные бляшки. Важность их дифференцировки связана с нестабильностью мягких липидных бляшек — существует определенный риск их разрыва и окклюзии артерии с развитием инфаркта миокарда. Однако, по данным других авторов, возможности КТ-коронарографии уступают внутрисосудистому УЗИ в диагностике нестабильных бляшек (Obaid D.R. et al., 2013). Кроме того, качество контрастирования коронарного русла значительно влияет на возможность дифференцировки липидных и фиброзных бляшек при КТ-коронарографии.

Благодаря малоинвазивности и высокой разрешающей способности КТ-коронарография является методикой выбора для диагностики аномалий и вариантов развития коронарных артерий. При КТ-коронаро-

графии, в отличие от инвазивной коронарографии, отсутствуют суммационные наложения артерий, лучше визуализируются их устья и проксимальные сегменты, возможна постпроцессорная обработка с наглядным отображением результатов исследования.

Одними из наиболее частых аномалий коронарных артерий являются миокардиальные «мостики» (рис. 2) и интрамиокардиальный ход артерий, которые также могут быть причиной ишемии миокарда вплоть до развития инфаркта. Вследствие нарушения гемодинамики наличие миокардиального «мостика» может быть прогностическим фактором развития атеросклеротических бляшек. Однако в исследовании S.Nikolic и соавт. (2013) указывается на возможную защитную роль миокардиальных «мостиков» в развитии атеросклероза коронарных артерий.

Высокая эффективность КТ-коронарографии в диагностике миокардиальных «мостиков» основана на одновременной визуализации просвета коронарных артерий и миокарда в отличие от инвазивной коронарографии. Для решения вопроса о необходимости оперативного лечения требуется точная локализация,

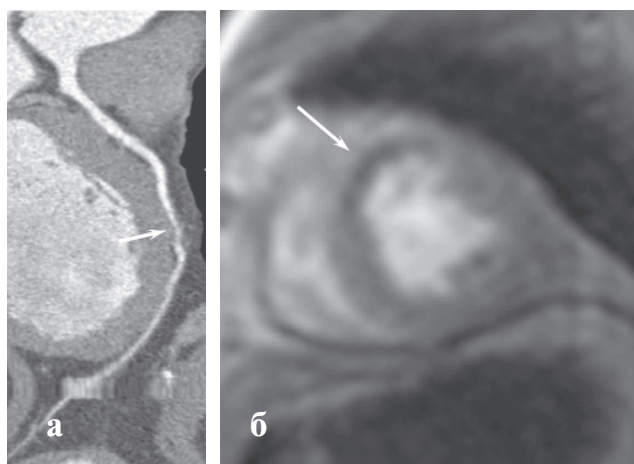


Рис. 2. Больной С., 41 год: а — КТ-коронарография, криволинейная реконструкция по ходу передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ). Выявлен миокардиальный «мостик» средней трети ПМЖВ с сужением просвета артерии (стрелка); б — перфузионная стресс-МРТ миокарда, срез по короткой оси левого желудочка. Дефект перфузии миокарда в бассейне кровоснабжения ПМЖВ (стрелка)



оценка длины и глубины миокардиального «мостика», а также подтверждение ишемии миокарда. Значение миокардиального «мостика» возрастает при его сочетании с атеросклерозом коронарных артерий, однако выбор тактики хирургического лечения в таких случаях мало освещен в литературе.

Среди аномалий отхождения коронарных артерий ишемию миокарда могут вызывать злокачественные варианты, при которых коронарная артерия отходит из контралатерального коронарного синуса и проходит между магистральными сосудами (рис. 3, а). При данных вариантах развития требуется коронарное шунтирование, т. к. существует высокий риск внезапной смерти при интенсивной физической нагрузке. В случаях, когда аномально отходящие коронарные артерии проходят перед выносящим трактом правого желудочка или позади восходящей аорты, лечение не требуется (Макаренко В.Н. и соавт., 2012).

Неинвазивная диагностика аномалий коронарных артерий особенно важна у лиц, занимающихся интенсивной физической нагрузкой. В исследовании N.H.Prakken и соавт. (2009) установили, что никак не проявляющиеся в покое аномалии коронарных артерий являлись причиной летального исхода у 14% спортсменов с внезапной кардиогенной смертью.

Однако для выбора тактики лечения необходимо не только оценить структурные изменения коронарных артерий, но и подтвердить их гемодинамическую или функциональную значимость. Оценка гемодинамической значимости стеноза может быть выполнена с помощью новейшей неинвазивной методики компьютерно-томографической оценки фракционного резерва кровотока, основанной на расчете градиента плотности в просвете коронарной артерии проксимальнее и дистальнее стеноза. Методика не требует дополнительного сканирования — все необходимая информация собирается в ходе традиционной КТ-коронарографии, но требует специального программного обеспечения (Grunau G.L. et al., 2013).

Дополнительное применение перфузионной КТ миокарда позволяет увеличить специфичность метода с 65 до 83% без потери чувствительности. В аналогичной работе B.L.Norgaard и соавт. (2014) также доказано увеличение специфичности метода с 34 до 79% при дополнительном проведении компьютерно-томографической оценки фракционного резерва кровотока. В многоцентровом исследовании DISCOVER-FLOW выявлена высокая корреляция между результатами неинвазивной и инвазивной оценкой фракционного резерва кровотока (Koo B.K. et al. 2011).

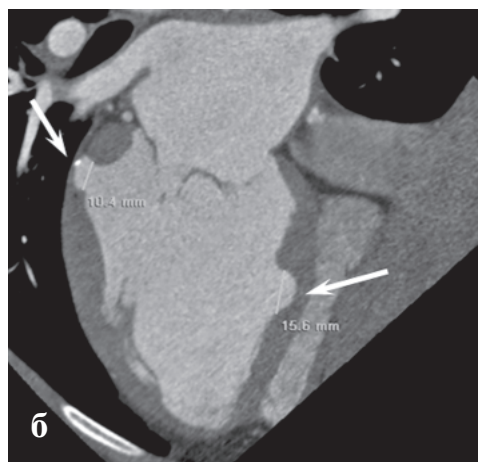
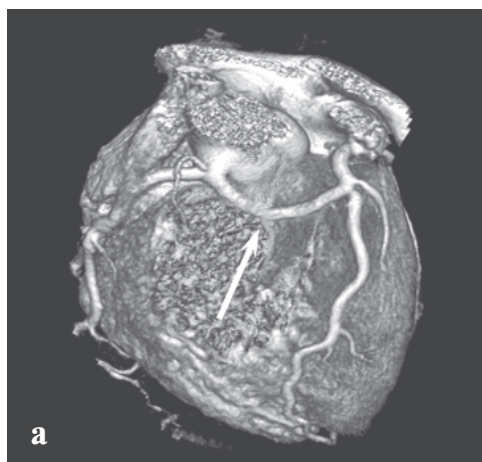


Рис. 3. Больной С., 38 лет: а — КТ-коронарография, VRT-реконструкция. Злокачественный тип отхождения левой коронарной артерии (ЛКА) от ПКА с прохождением ствола ЛКА между луковичей аорты и легочным стволом (стрелка); б — дивертикулы левого желудочка (стрелки)



При КТ возможна не только оценка просвета коронарных артерий, но и количественная характеристика коронарного кальциноза, которая отражает риск развития острых кардиальных событий, таких как острый инфаркт миокарда и внезапная сердечная смерть.

Шкала Агатстона, разработанная в 1990 г., и по сей день является прогностически значимой. Кальциевый индекс рассчитывается на основании измерения площади и коэффициента рентгеновской плотности кальцинатов, который составляет от 1 до 4. Недостатком шкалы Агатстона, по мнению большинства авторов, является скачкообразное повышение кальциевого индекса на границах коэффициентов рентгеновских плотностей при одной и той же площади кальциноза. В методике используется толщина среза 3 мм, что приводит к неточностям измерения индекса за счет объемного эффекта при частичном заполнении кальцином среза.

Актуальность оценки коронарного кальциноза подтверждается многочисленными современными исследованиями, доказывающими сильную корреляционную связь кальциевого индекса с тяжестью ИБС, прогнозом заболевания, вероятностью наличия гемодинамического стеноза, риском наступления острого коронарного события.

В то же время нулевое значение кальциевого индекса не свидетельствует об отсутствии атеросклероза коронарных артерий. В исследовании Н.Л. Staniak и соавт. (2013) у 4,1% пациентов с острым коронарным синдромом и нулевым значением коронарного кальция были выявлены гемодинамически значимые стенозы. Carvalho M.S. и соавт. (2013) при проведении плановой КТ-коронарографии выявили гемодинамически значимые стенозы у 14 (1,6%) из 865 пациентов с нулевым значением кальциевого индекса.

Таким образом, несмотря на более чем 20-летнюю историю, методика оценки коронарного кальциноза по Агатстону актуальна и в настоящее время.

Внутривенное введение контрастного препарата при КТ-коронарографии позволяет контрастировать не только просвет коронарных артерий и шунтов, но и полость левого желудочка, выявлять различные внутрисполостные образования. Высокое временное разрешение современных компьютерных томографов дает возможность визуализировать сердце на протяжении всего сердечного цикла и оценить локальную и глобальную сократительную функцию левого желудочка.

Сравнительные исследования доказали высокую точность КТ-вентрикулографии в оценке фракции выброса левого желудочка по сравнению с трансторакальной эхокардиографией, магнитно-резонансной томографией (МРТ), контрастной вентрикулографией и однофотонной эмиссионной компьютерной томографией (ОФЭКТ). В этих исследованиях разными методами абсолютные значения объема левого желудочка различались, однако в определении фракции выброса левого желудочка отмечалась высокая корреляция (Greupner J. et al., 2012).

Компьютерная томография также позволяет оценить структуру миокарда, визуализировать внутрисполостные образования и аномалии развития, например, дивертикулы левого желудочка, которые определяются в виде локальных истончений миокарда (рис. 3, б). Название этой редкой аномалии развития миокарда сложилось исторически — при проведении контрастной вентрикулографии миокард не визуализируется, поэтому дивертикулы левого желудочка определяются в виде выпячиваний полости левого желудочка.

Таким образом, в настоящее время КТ сердца позволяет определить большинство причин развития ишемии миокарда, в т. ч. варианты и аномалии развития коронарных артерий. Она является единственной малоинвазивной методикой количественной оценки просвета коронарных артерий, способной заменить инвазивную коронарографию. Однако только количественная оценка стенозов не позволяет определить их гемодина-



мическую значимость. Для выбора тактики лечения и планирования реваскуляризации КТ-коронарография обязательно должна быть дополнена методами, подтверждающими гемодинамичес-

кую значимость стенозов или ишемию миокарда. Дополнительными возможностями КТ являются оценка сократительной функции сердца и визуализация структурных изменений миокарда.

Литература

1. Макаренко В.Н., Юрпольская Л.А., Рогова Т.В. и др. Особенности методов компьютерной томографии в диагностике аномального отхождения левой коронарной артерии от ствола легочной артерии у пациентов разного возраста // Кардиол. и сердечно-сосуд. хир. — 2012. — Т. 5, № 4. — С. 88–96.
2. Терновой С.К., Никонова М.Э., Акчурин Р.С. и др. Возможности мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в оценке коронарного русла и вентрикулографии в сравнении с интервенционной коронаровентрикулографией // Рос. электрон. журн. лучевой диагностики. — 2013. — Т. 3, № 1. — С. 28–35.
3. Фозилов Х.Г. Осложнения чрескожных коронарных вмешательств, профилактика и их лечение: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2011. — 24 с.
4. Carvalho M.S., de Araujo Goncalves P., Garcia-Garcia H.M. et al. Prevalence and predictors of coronary artery disease in patients with a calcium score of zero // Int. J. Cardiovasc. Imaging. — 2013. — Vol. 29, N 8. — P. 1839–1846.
5. Feuchtner G., Loureiro R., Bezerra H. et al. Quantification of coronary stenosis by dual source computed tomography in patients: a comparative study with intravascular ultrasound and invasive angiography // Eur. J. Radiol. — 2012. — Vol. 81, N 1. — P. 83–88.
6. Greupner J., Zimmermann E., Grohmann A. et al. Head-to-head comparison of left ventricular function assessment with 64-row computed tomography, biplane left cineventriculography, and both 2- and 3-dimensional transthoracic echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging as the reference standard // J. Am. Coll. Cardiol. — 2012. — Vol. 59, N 21. — P. 1897–1907.
7. Grunau, G. L., Min J. K., Leipsic J. et al. Modeling of fractional flow reserve based on coronary CT angiography // Curr. Cardiol. Rep. — 2013. — Vol. 15, N 1. — P. 336–349.
8. Gudmundsdottir V.K., Andersen K., Gudjonsdottir J. Effect of coronary calcification on diagnostic accuracy of the 64 row computed tomography coronary angiography // Laeknabladid. — 2013. — Vol. 99, N 5. — P. 241–246.
9. Koo B.K., Erglis A., Doh J.H. et al. Diagnosis of ischemia-causing coronary stenoses by noninvasive fractional flow reserve computed from coronary computed tomographic angiograms. Results from the prospective multicenter

- DISCOVER-FLOW (Diagnosis of Ischemia-Causing Stenoses Obtained Via Noninvasive Fractional Flow Reserve) study // J. Am. Coll. Cardiol. — 2011. — Vol. 58, N 19. — P. 1987–1989.
10. Neeffes L.A., Rossi A., Genders T. S. et al. Diagnostic accuracy of 128-slice dual-source CT coronary angiography: a randomized comparison of different acquisition protocols // Eur. Radiol. — 2013. — Vol. 23, N 3. — P. 614–622.
11. Nikolic S., Zivkovic V., Gacic Manojlovic E. et al. Does the myocardial bridge protect the coronary from atherosclerosis? A comparison between the branches of the dual-left anterior descending coronary artery type 3: an autopsy study // Atherosclerosis. — 2013. — Vol. 227, N 1. — P. 89–94.
12. Norgaard B.L., Leipsic J., Gaur S. et al. Diagnostic performance of noninvasive fractional flow reserve derived from coronary computed tomography angiography in suspected coronary artery disease: the NXT trial (analysis of coronary blood flow using CT angiography: next steps) // J. Am. Coll. Cardiol. — 2014. — Vol. 63, N 12. — P. 1145–1155.
13. Obaid D.R., Calvert P.A., Gopalan D. et al. Atherosclerotic plaque composition and classification identified by coronary computed tomography: assessment of computed tomography-generated plaque maps compared with virtual histology intravascular ultrasound and histology // Circ. Cardiovasc. Imaging. — 2013. — Vol. 6, N 5. — P. 655–664.
14. Prakken N.H., Velthuis B.K., Cramer M.J. Advances in cardiac imaging: the role of magnetic resonance imaging and computed tomography in identifying athletes at risk // Br. J. Sports Med. — 2009. — Vol. 43, N 9. — P. 677–684.
15. Rossi A., Papadopoulou S.L., Pugliese F. et al. Quantitative computed tomographic coronary angiography: does it predict functionally significant coronary stenoses? // Circ. Cardiovasc. Imaging. — 2014. — Vol. 7, N 1. — P. 43–51.
16. Sabarudin A., Sun. Z. Coronary CT angiography: Diagnostic value and clinical challenges // World J. Cardiol. — 2013. — Vol. 5, N 12. — P. 473–483.
17. Sadigh G., Haft J.W., Pagani F.D. et al. Impact of coronary CT angiography on surgical decision-making for coronary artery bypass graft surgery // Acad. Radiol. — 2013. — Vol. 20, N 9. — P. 1083–1090.
18. Staniak H.L., Bittencourt M.S., Sharovsky R. et al. Calcium score to evaluate chest pain in the emergency room // Arq. Bras. Cardiol. — 2013. — Vol. 100, N 1. — P. 90–93.