

ОЦЕНКА ПРОХОДИМОСТИ КОРОНАРНЫХ ШУНТОВ МЕТОДОМ МУЛЬТИСЛАЙСНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ПОЗДНИЕ СРОКИ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ АОРТО И МАММАРО-КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

А. М. Хаджибаев – д.м.н., профессор, генеральный директор
***А. А. Абдурахманов** – к.м.н., зав. отделением кардиохирургии
М. А. Обейд – ведущий кардиохирург
Н. Г. Дадамьянц – д.м.н., зав. отделением ультразвуковой диагностики
Г. Б. Халибаева – врач-ординатор
И. А. Абдухалимов – кардиохирург
Н. М. Рахимов – кардиохирург
О. А. Машрапов – кардиохирург
У. Ш. Ганиев – кардиолог

*Республиканский научный центр экстренной медицинской помощи, Ташкент, Узбекистан
 100081 Узбекистан, г. Ташкент, ул. Малая кольцевая, 2*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- многосрезовая компьютерная томография
- МСКТ
- КТ-шунтография
- коронарная ангиография
- коронарное шунтирование
- ишемическая болезнь сердца

АННОТАЦИЯ:

Цель исследования: оценить возможности метода мультиспиральной компьютерной томографии шунтов (МСКТ шунтографии) в проходимости аорто- и маммарокоронарных шунтов у пациентов высокого хирургического риска в поздние сроки после операции.

Материалы и методы: в работу были включены 25 пациентов (с многососудистым поражением коронарных артерий высокого хирургического риска), которым была выполнена МСКТ-шунтография через 5 лет исследования).

Результаты: было проанализировано 96 шунтов – 22 маммарных и 74 венозных. Определялось наличие 12 венозных секвенциальных шунтов и 19 венозных У-образных конструкций. При оценке проходимости коронарных шунтов было выявлено 13 окклюзий венозных шунтов и 1 гемодинамически значимый стеноз. Окклюзий и гемодинамически значимых стенозов маммарных шунтов не наблюдалось.

Заключение: при выполнении МСКТ-шунтографии через 5 лет наблюдения после операции коронарного шунтирования определяется большее количество окклюзий и гемодинамически значимых стенозов венозных шунтов. Результаты исследования указывают на высокую частоту окклюзий и стенозов венозных шунтов в сравнении с маммарными шунтами. МСКТ шунтография является достаточно информативным методом оценки проходимости шунтов в отдаленные сроки после АКШ.

Для цитирования: Хаджибаев А.М., Абдурахманов А.А., Обейд М.А., Дадамьянц Н.Г., Халибаева Г.Б., Абдухалимов И.А., Рахимов Н.М., Машрапов О.А., Ганиев У.Ш. «ОЦЕНКА ПРОХОДИМОСТИ КОРОНАРНЫХ ШУНТОВ МЕТОДОМ МУЛЬТИСЛАЙСНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ПОЗДНИЕ СРОКИ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ АОРТО И МАММАРО-КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ». Журнал Диагностическая и интервенционная радиология. 2019; 13(1):29–36.

RESULTS OF PATENCY OF CORONARY BYPASS GRAFTS, ESTIMATED USING MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE LATE PERIOD AFTER CABG

Khadjibaev A. M. – MD, PhD, professor
***Abdurakhmanov A. A.** – MD, PhD,
Obeyd M. A. – MD
Dadam'yants N. G. – MD, PhD, professor
Khalinaeva G. B. – resident
Abdukhalimov I. A. – MD
Rakhimov N. M. – MD
Mashrapov O. A. – MD

*Republic research center of emergency medicine, Tashkent, Uzbekistan
 Street. Small Line 2, Tashkent City, Uzbekistan, 100081*

ABSTRACT:

Aim: was to evaluate the efficacy of MSCT in assessment of long-term graft patency after coronary artery bypass graft surgery (CABG).

Material and methods: 25 patients with multi-vessel coronary artery disease were included in the research. To assess the 5-year graft patency, MSCT arteriography was performed.

Results: a total of 96 grafts (22 left internal thoracic artery (LITA) and 74 saphenous venous grafts

KEY-WORDS:

- multislice computed tomography
- MSCT
- CT-angiography
- coronary angiography
- coronary artery bypass graft surgery
- coronary artery disease

(SVG)) were analyzed using MSCT. There were 12 venous sequential grafts and 19 venous Y-shaped grafts determined. During the assessment of graft patency, 13 occlusions of venous grafts and 1 hemodynamically significant stenosis were detected. Occlusion and hemodynamically significant stenosis of mammary grafts were not observed.

Conclusion: MSCT arteriography, allows to determine occlusive and hemodynamically significant stenoses of SVG. Results of study shows the prevalence of SVG occlusions and stenosis over arterial grafts. CT angiography can be highly informative for assessing the patency of grafts in late periods after CABG.

Введение

Возобновление стенокардии после операции коронарного шунтирования на сегодняшний день одна из актуальных проблем сердечно-сосудистой хирургии. В раннем послеоперационном периоде и в первый год после операции окклюдированы до 10-15% коронарных шунтов, в течение пяти лет до 25% шунтов [1]. Золотым стандартом оценки проходимости коронарных шунтов у пациентов с признаками возобновления стенокардии является инвазивная коронарная шунтография (КШГ). Однако для оценки проходимости коронарных шунтов у пациентов без симптомов возобновления стенокардии все чаще применяется неинвазивная мульти-спиральная компьютерная томография шунтов (МСКТ-шунтография), зарекомендовавшая себя во всем мире. МСКТ-шунтография – неинвазивный метод оценки проходимости коронарных шунтов, позволяющий детально визуализировать проходимость венозных и артериальных шунтов с высокой диагностической точностью (чувствительность и специфичность метода достигает 100% и 98,7%) [2-6].

Известно, что у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий до тех пор, пока не произойдет окклюзия нескольких шунтов, нет проявлений стенокардии. Вместе с тем, почти у каждого третьего пациента в течение пяти лет после операции аорто-коронарного шунтирования (АКШ) имеется бессимптомная окклюзия или стеноз шунта [7].

Неинвазивная МСКТ-шунтография может стать методом выбора для последующего наблюдения за бессимптомными пациентами. Частота тромбоза венозных шунтов в сроки от 1 недели до 1 года после операции составляет 10-15%, через 5 лет – 20-25%. В то же время накопление опыта использования ауто-

артериальных трансплантатов свидетельствует о гораздо лучших отдаленных результатах. Так, 10-летняя проходимость маммарно-коронарных шунтов составляет более 90% [4, 6-9].

Неудовлетворительные результаты применения ауто-вен и оптимистические данные о применении внутренней грудной артерии (ВГА) определили сегодняшнюю концепцию: предпочтительным трансплантатом для АКШ служит ВГА [1, 2, 15]. В настоящее время кондуитом выбора для шунтирования артерий передней поверхности сердца является левая ВГА *in situ*, а «золотым стандартом» считается шунт из ЛВГА к передней межжелудочковой артерии (ПМЖВ). Преимущества ВГА для реваскуляризации миокарда во многом определяются их анатомо-гемодинамическими характеристиками [2,8]:

- 1) при наложении маммарно-коронарного анастомоза сшиваются однородные ткани (стенки двух артерий);
- 2) диаметры ВГА и коронарных артерий, как правило, совпадают;
- 3) ВГА имеет большую анатомическую стабильность и близкое расположение к сердцу;
- 4) кровоток по ВГА имеет высокую линейную скорость и низкую турбулентность;
- 5) стенка ВГА секретирует в большом количестве простаглицлин, являющийся естественным фактором, препятствующим тромбообразованию;
- 6) ВГА сохраняет способность к расширению и увеличению кровотока (феномен саморегуляции) соответственно потребностям миокарда;
- 7) крайне редко поражается атеросклерозом;
- 8) является артерией мышечно-эластического

Таблица 1.

Характеристика пациентов

Характеристики	Число больных		%
Возраст	59±6,5		-
Пол	Мужчины	21	84
	Женщины	4	16
Постинфарктный кардиосклероз	7		28
Нарушение локальной сократимости	4		16
Артериальная гипертония	18		72
Курение	11		44
Сахарный диабет	16		64

типа, что делает ВГА менее подверженной спазму, а ее скелетизация не нарушает питания стенок, поскольку кровоснабжение артерий смешанного типа осуществляется в основном путем диффузии из просвета сосуда.

Все эти факторы создают условия для устойчивости функционирования ВГА и ее резистентности к развитию гиперплазии и атеросклероза.

В свою очередь, интима почти всех имплантированных в артериальную систему вен подвергается утолщению в течение 4-6 недель, приводящему к сужению венозного просвета до 25%. Сам по себе этот процесс редко приводит к значительным стенозам. Тем не менее, гиперплазия интимы представляет основу для даль-

нейшего развития атероматозных изменений в шунте. Цель исследования: оценить возможности метода МСКТ-шунтографии в проходимости аорто- и маммарокоронарных шунтов у пациентов высокого хирургического риска в поздние сроки после операции.

Материалы и методы

В работу включены результаты обследования 25 пациентов (с многососудистым поражением коронарных артерий высокого хирургического риска), которым была выполнена МСКТ-шунтография после коронарного шунтирования (табл. 1-3). Средний возраст больных составил $59 \pm 6,5$ лет, мужчин было 21 (84%),

Таблица 2. **Распределение больных по классам стенокардии**

Характеристики		Число больных	%
Функциональный класс стенокардии по Канадской классификации	I	-	-
	II	9	36%
	III	16	64%
	IV	-	-

Таблица 3. **Данные коронарной ангиографии до операции**

Данные коронарной ангиографии	Число больных	%
2-х сосудистое поражение	2	8%
3-х сосудистое поражение	2	8%
4-х сосудистое поражение	21	84%

Таблица 4. **Технические параметры МСКТ-шунтографии**

Параметры оценки	Характеристика
Положение пациента	Лёжа на спине головой вперёд, руки за головой
Направление исследования	От головы к ногам
Объём исследования	От уровня ключиц до диафрагмы (для визуализации устья внутригрудной артерии)
Режим проведения томографии	Спиральный
Топограмма	Фронтальная
Кардиосинхронизация	Ретроспективная
Задержка дыхания	На глубине вдоха
Внутривенное контрастирование	Неионный контрастный препарат из расчета 1,5–2,0 мл на кг веса, со скоростью 4,5-5 мл/с
Фазы исследования	Ранняя артериальная
Толщина томографического среза	0,5 мм
Задержка сканирования	При помощи bolus tracking на дуге аорты
Обработка данных	Выполнение многоплоскостных и трехмерных реконструкций, проекций максимальной интенсивности

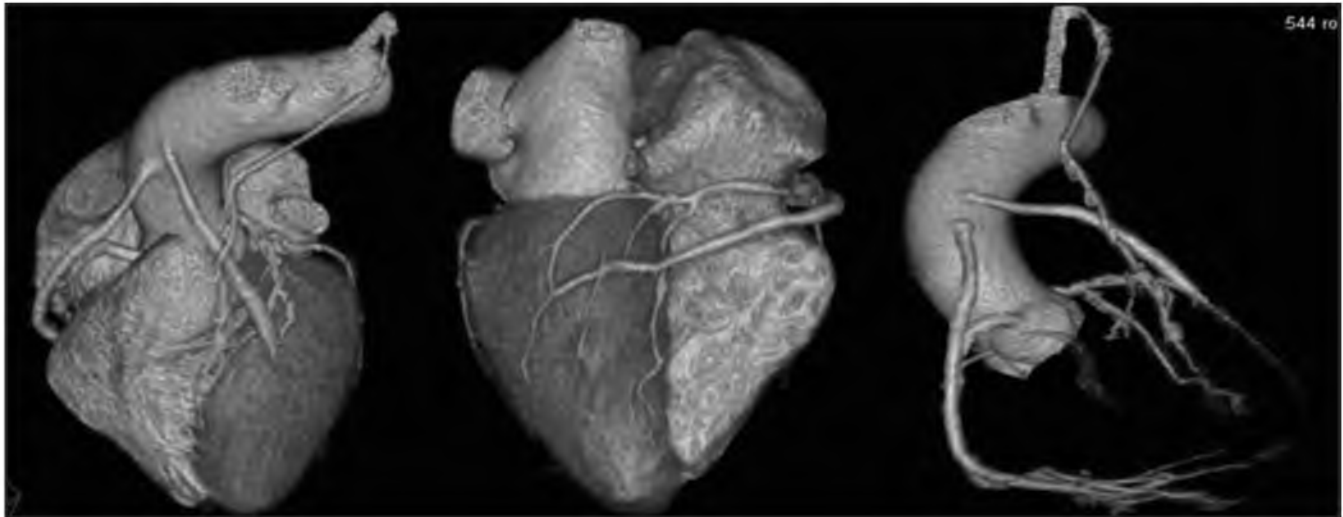


Рис. 1. МСКТ-шунтограммы, объёмный рендеринг. Состояние после маммаро (МКШ) – и аортокоронарного (АКШ) шунтирования. Функционирующие шунты – венозные шунты к правой коронарной (ПКА) и огибающей (ОА) артериям (тонкие стрелки), МКШ к ПНА (толстая стрелка).

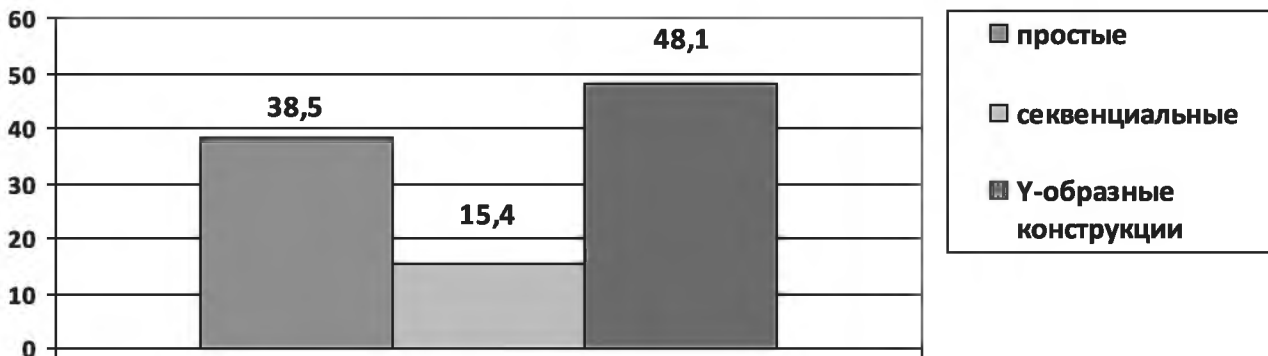


Рис. 2. Оценка проходимости сложных коронарных шунтов

женщин – 4(16%), демографические показатели больных, включенных в исследование приведены в **таблице 1**.

Оценивали проходимость коронарных шунтов в поздние (в течение 5 лет) сроки после операции коронарного шунтирования. Из них, 9 пациентам с жалобами на возобновление стенокардии была выполнена инвазивная коронарошунтография. Пациенты получали общепринятую медикаментозную терапию согласно международным рекомендациям. Критерии включения в исследование: пациенты, перенесшие операцию коронарного шунтирования через один год. Критерии исключения: нерегулярный и частый (более 60 уд. в мин.) пульс, предшествующая выраженная аллергическая реакция на йодсодержащий контрастный препарат, повышенный уровень креатинина крови: мужчины больше 115 мкмоль/л, женщины больше 97 мкмоль/л [10].

Выраженность стенокардии оценивали согласно Канадской классификации стенокардии. У большинства (64%) больных стенокардитические приступы воз-

никали при умеренной физической нагрузке – ходьбе на 100 и более метров, что соответствует III классу, в меньшей степени встречался II класс (36%), а классы I и IV в нашем исследовании не наблюдались (**табл. 2**).

Исходно большинство пациентов (92%) имели многососудистое поражение коронарного русла (**табл. 3**).

МСКТ-шунтография выполнялась на 64-срезовом МСКТ Somatom Perspective (Siemens, Германия) (**табл. 4**). С помощью аксиальных томограмм, MIP и MPR-реконструкций, 3D-изображений оценивали проходимость артериальных и венозных шунтов на всем протяжении, а также проксимальные и дистальные анастомозы. Степень состоятельности коронарных шунтов оценивали по следующим показателям: проходимый шунт – просвет одинаков на всем протяжении или имеется стеноз <50%, стенозированный шунт – стеноз ≥50%, окклюзия шунта – шунт не прослеживается на всем протяжении, визуализируются окклюзированные устья («обрубленность») в восходящем отделе аорты.

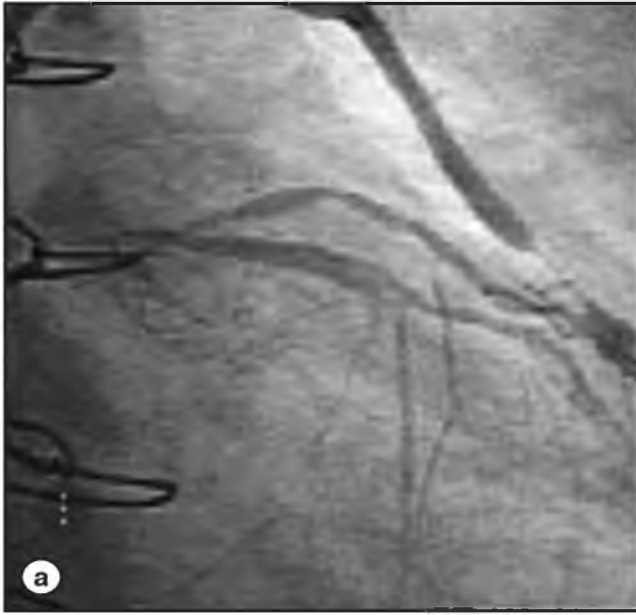


Рис. 3. Ангиографическая картина.

*а – критического стеноза венозного кондукта после операции аортокоронарного шунтирования;
б – картина после стентирования венозного кондукта (кровоток полностью восстановлен).*

Результаты

Всего было проанализировано 96 шунтов, из них 22 маммарных и 74 венозных шунта. Определялось наличие 12 венозных секвенциальных шунтов и 19 венозных У-образных конструкций. При оценке проходимости коронарных шунтов у 5(20%) пациентов было выявлено 13(17,5%) окклюзий венозных шунтов и 1(1,3%) гемодинамически значимый стеноз. Окклюзий и гемодинамически значимых стенозов маммарных шунтов не наблюдалось (**рис. 1**).

В проведенном исследовании сложные коронарные шунты были представлены только венозными кондуктами. Следовательно, процент сложных шунтов в исследовании составлял – 41,9% (31 шунтов), 12 венозных секвенциальных шунтов и 19 венозных У-образных конструкций. В результате наблюдения было выявлено что, на сложные шунты приходилось 61,5% окклюзий (**рис. 2**), наиболее подверженными окклюзиям оказались У-образные конструкции 48,1 (n=6) и простые шунты 38,5% (n=5), тогда как секвенциальные шунты оказались окклюзированы лишь в 15,4% (n=2) случаев (**рис. 2**).

В исследовании у всех 5 пациентов с подтвержденными на МСКТ ангиографии гемодинамически значимыми стенозами и окклюзиями венозных шунтов, была выполнена инвазивная КШГ, подтвердившая данные МСКТ-шунтографии. В результате проведенного исследования 2 пациентам были установлены стенты в шунты, в места гемодинамически значимых стенозов, 3 пациентам были установлены стенты в коронарные артерии, шунты к которым были окклюзированы (**рис. 3**).

Обсуждение результатов

Стенотические изменения и окклюзии коронарных шунтов после операции коронарного шунтирования составляют одну из главных причин возобновления стенокардии, что нашло отражение в большом количестве исследований [1, 8, 14].

«Золотым стандартом» в оценке проходимости аортокоронарных и маммарокоронарных шунтов по прежнему остается инвазивная коронароангиография (КАГ), однако, этот метод сопряжен с высоким риском осложнений, в том числе сопряженных с нефротоксичностью йод содержащих препаратов, применяемых при контрастных методах исследования. Причем нефротоксичность напрямую зависит от пути введения препарата и риск осложнений выше при внутриаортальном введении чем при внутривенном [12]. Поскольку при получении требуемой диагностической информации наивысшим приоритетом остается безопасность для пациента, КАГ выполняется только при наличии прямых показаний, таких как возобновление стенокардии [1]. В этой связи внедрение в клиническую практику МСКТ ангиографии для оценки состоятельности шунтов показало ее высокую эффективность и безопасность [3-5, 7, 9]. Однако стоит помнить, что, хотя у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий, до развития окклюзии нескольких шунтов, клинических признаков стенокардии не отмечается, согласно данным ряда авторов, почти у каждого третьего пациента в течение пяти лет после АКШ имеется бессимптомная окклюзия или стеноз шунта [7]. В нашей серии наблюдений общий индекс

состоятельности шунтов составил – 86,5%, учитывая, что в нашем исследовании наблюдались окклюзии и стенозы венозных шунтов – индекс состоятельности для венозных шунтов составил 82,4%, тогда как все артериальные графты были проходимы. Согласно данным G. Tinica с соавт. состоятельность ЛВГА через 10 лет после АКШ составила 90,16%, а венозных кондуитов 74,3% [15].

Результаты некоторых исследований демонстрируют, что частота окклюзий значительно выше, чем стенозов [13]. Данные результаты также подтверждаются и нашими данными. Так частота выявленных окклюзий составила 17,5%, тогда как стенозы наблюдались лишь в 1,5% случаев. Учитывая часто бессимптомное развитие окклюзий наложенных шунтов в отдаленные сроки, выполнение МСКТ-шунтографии рекомендуется всем пациентам, в сроки через год после операции коронарного шунтирования [9, 14].

Выявление ранних стенотических изменений коронарных шунтов влияет на тактику лечения: коррекция терапии вплоть до выполнения эндоваскулярных вмешательств [10]. Согласно мнению некоторых авторов простые шунты и анастомозы по типу конец-в-бок чаще подвержены окклюзионным поражениям [16, 17]. При оценке проходимости простых и сложных (секвенциальных и У-образных конструкций) венозных шунтов определялась большая частота окклюзий сложных шунтов в сравнении с простыми шунтами; У-образные конструкции – 46,1%, секвенциальные – 15,38%, простые –

38,4%. Вследствие этого, на наш взгляд, пациенты со сложными коронарными конструкциями нуждаются в более тщательном наблюдении с помощью МСКТ-шунтографии для своевременного выявления стенотических изменений и их последующей коррекции.

Заключение

МСКТ ангиография является достаточно информативным методом для оценки проходимости шунтов в отдаленные сроки после операции АКШ. В представленном исследовании за 5 лет наблюдения после операции АКШ по данным МСКТ были окклюзированы 13,5% наложенных шунтов. Окклюзий маммарных шунтов не было выявлено. Большее количество окклюзий и гемодинамически значимых стенозов венозных шунтов выявлено при выполнении МСКТ-шунтографии в отдаленные сроки после операции коронарного шунтирования. Окклюзии венозных шунтов наблюдались в 17,5% случаев, гемодинамически значимые стенозы – в 1,35%. При оценке проходимости коронарных шунтов чаще определяется закрытие сложных коронарных шунтов (61,5%). Полученные результаты подтверждают высокую частоту окклюзий и стенозов венозных шунтов в сравнении с маммарными шунтами. Внутренняя грудная артерия является адекватным графтом при аортокоронарном шунтировании у больных ишемической болезнью сердца, обеспечивающим 100% состоятельность в течение 5 лет после операции. ■

Список литературы

1. Fitzgibbon G.M., Kafka H.P., Leach A.J., Keon W.J., Hooper G.D., Burton J.R. Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years. *J Am Coll Cardiol.* 1996; 28: 616–626.

2. Loop F.D., Lytle B.W., Cosgrove D.M., Stewart R.W., Goormastic M, Williams G.W., Golding L.A., Gill C.C., Taylor P.C., Sheldon W.C. Influence of the internal mammary artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N Engl J Med* 1986; 314: 1-6.

3. Ropers D., Pohle F.K., Kuettner A., Pflederer T., Anders K., Daniel W.G., Bautz W., Baum U., Achenbach S. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330-ms gantry rotation. *Circulation.* 2006; 114: 2334–2341.

4. Dijkers R., Willems T.P., Tio R.A., Anthonio R.L., Zijlstra F., Oudkerk M. The benefit of 64-MDCT prior to invasive coronary angiography in symptomatic post-CABG

patients. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2007; 23(3): 369–377.

5. Lee R., Lim J., Kaw G., Wan G., Ng K., Ho K.T. Comprehensive noninvasive evaluation of bypass grafts and native coronary arteries in patients after coronary bypass surgery: accuracy of 64-slice multidetector computed tomography compared to invasive coronary angiography. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2010; 11(2): 81–90.

6. Laynez-Carnicero A., Estornell-Erill J., Trigo-Bautista A., Valle-Mucoz A., Nadal-Barangí M., Romaguera-Torres R., Planas del Viejo A., Corbó-Pascual M., Payó-Serrano R., Ridocci-Soriano F. Non-invasive assessment of coronary artery bypass grafts and native coronary arteries using 64-slice computed tomography: comparison with invasive coronary angiography. *Revista española de cardiología.* 2010; 63(2): 161–169.

7. Heye T., Kauczor H.U., Szabo G., Hosch W. Computed tomography angiography of coronary artery bypass grafts: robustness in emergency and clinical routine settings. *Acta Radiol.* 2014; 55(2): 161–170.

8. Bourassa M.G. Fate of venous grafts: the past, the present and the future. *J Am Coll Cardiol.* 1991; 5: 1081–1083.
9. Никонова М.Э. Возможности мультиспиральной компьютерной томографии в оценке проходимости коронарных шунтов в ранние и поздние сроки у пациентов, перенесших аорто- и маммарокоронарное шунтирование. *REJR.* 2013; 3(1): 18–27.
10. ACC/AHA/ACP – ASIM Practice guidelines. ACC/AHA/ACP – ASIM Guidelines for the management of patients with chronic stable angina. *Am Coll Cardiac.* 1999; 33(7): 2092-2097.
11. Tochii M., Takagi Y., Anno H., Hoshino R., Akita K., Kondo H., Ando M. Accuracy of 64-slice multidetector computed tomography for diseased coronary artery graft detection. *Annals of Thoracic Surgery.* 2010; 89(6): 1906–1911.
12. Шимановский Н.Л. Безопасность йодсодержащих рентгеноконтрастных средств в свете новых рекомендаций международных ассоциаций экспертов и клиницистов. *REJR.* 2012; 2(1): 12–19.
13. Campbell P.G., Teo K.S., Worthley S.G., Kearney M.T., Tarique A., Natarajan A., Zaman A.G. Non-invasive assessment of saphenous vein graft patency in asymptomatic patients. *Br J Radiol.* 2009 Apr; 82(976):291-5. doi: 10.1259/bjr/19829466.
14. Frazier A.A., Qureshi F., Read K.M., Gilkeson R.C., Poston R.S., White C.S. Coronary artery bypass grafts: assessment with multidetector CT in the early and late postoperative settings. *Radiographics.* 2005 Jul-Aug; 25(4): 881-896. Review.
15. Tinica G., Chistol R.O., Enache M., Leon Constantin M.M., Ciocoiu M., Furnica C. Long-term graft patency after coronary artery bypass grafting: Effects of morphological and pathophysiological factors. *Anatol J Cardiol.* 2018 Nov;20(5):275-282. doi: 10.14744/AnatolJCardiol.2018.51447.
16. Drouin A., Noiseux N., Chartrand-Lefebvre C., Soulez G., Mansour S., Tremblay J.A., Basile F., Prieto I., Stevens L.M. Composite versus conventional coronary artery bypass grafting strategy for the anterolateral territory: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2013 Aug 26; 14: 270. doi: 10.1186/1745-6215-14-270.
17. Deb S., Cohen E.A., Singh S.K., Une D., Laupacis A., Fremes S.E RAPS Investigators. Radial artery and saphenous vein patency more than 5 years after coronary artery bypass surgery: results from RAPS (Radial Artery Patency Study). *J Am Coll Cardiol.* 2012 Jul 3;60(1):28-35.

References

1. Fitzgibbon GM, Kafka HP, Leach AJ, Keon WJ, Hooper GD, Burton JR. Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years. *J Am Coll Cardiol.* 1996; 28: 616–626.
2. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, Stewart RW, Goormastic M, Williams GW, Golding LA, Gill CC, Taylor PC, Sheldon WC. Influence of the internal mammary artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N Engl J Med* 1986; 314: 1-6.
3. Ropers D, Pohle FK, Kuettner A, Pflederer T, Anders K, Daniel WG, Bautz W, Baum U, Achenbach S. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330-ms gantry rotation. *Circulation.* 2006; 114: 2334–2341.
4. Dijkers R, Willems TP, Tio RA, Anthonio RL, Zijlstra F, Oudkerk M. The benefit of 64-MDCT prior to invasive coronary angiography in symptomatic post-CABG patients. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2007; 23(3): 369–377.
5. Lee R, Lim J, Kaw G, Wan G, Ng K, Ho KT. Comprehensive noninvasive evaluation of bypass grafts and native coronary arteries in patients after coronary bypass surgery: accuracy of 64-slice multidetector computed tomography compared to invasive coronary angiography. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2010; 11(2): 81–90.
6. Laynez-Carnicero A, Estornell-Erill J, Trigo-Bautista A, Valle-Mucoz A, Nadal-Barangó M, Romaguera-Torres R, Planas del Viejo A, Corbó-Pascual M, Payó-Serrano R, Ridocci-Soriano F. Non-invasive assessment of coronary artery bypass grafts and native coronary arteries using 64-slice computed tomography: comparison with invasive coronary angiography. *Revista española de cardiología.* 2010; 63(2): 161–169.
7. Heye T, Kauczor HU, Szabo G, Hosch W. Computed tomography angiography of coronary artery bypass grafts: robustness in emergency and clinical routine settings. *Acta Radiol.* 2014; 55(2): 161–170.
8. Bourassa MG. Fate of venous grafts: the past, the present and the future. *J Am Coll Cardiol.* 1991; 5: 1081–1083.
9. Nikonov ME. Possibilities of multispiral computed tomography in assessing the patency of coronary grafts in early and late periods in patients undergoing aortic and mammarocoronary bypass graft surgery. *REJR.* 2013; 3 (1): 18–27 [In Russ].

10. ACC/AHA/ACP — ASIM Practice guidelines. ACC/AHA/ACP — ASIM Guidelines for the management of patients with chronic stable angina. *Am Coll Cardiac*. 1999; 33(7): 2092-2097.
11. Tochii M, Takagi Y, Anno H, Hoshino R, Akita K, Kondo H, Ando M. Accuracy of 64-slice multidetector computed tomography for diseased coronary artery graft detection. *Annals of Thoracic Surgery*. 2010; 89(6): 1906–1911.
12. Shimanovsky NL. Safety of iodine-containing radiopaque agents in the light of new recommendations from international associations of experts and clinicians. *REJR*. 2012; 2 (1): 12–19 [In Russ].
13. Campbell PG, Teo KS, Worthley SG, Kearney MT, Tarique A, Natarajan A, Zaman AG. Non-invasive assessment of saphenous vein graft patency in asymptomatic patients. *Br J Radiol*. 2009 Apr; 82(976):291-5. doi: 10.1259/bjr/19829466.
14. Frazier AA, Qureshi F, Read KM, Gilkeson RC, Poston RS, White CS. Coronary artery bypass grafts: assessment with multidetector CT in the early and late postoperative settings. *Radiographics*. 2005 Jul-Aug; 25(4): 881-896. Review.
15. Tinica G, Chistol RO, Enache M, Leon Constantin MM, Ciocoiu M, Furnica C. Long-term graft patency after coronary artery bypass grafting: Effects of morphological and pathophysiological factors. *Anatol J Cardiol*. 2018 Nov;20(5):275-282. doi: 10.14744/AnatolJCardiol.2018.51447.
16. Drouin A, Noiseux N, Chartrand-Lefebvre C, Soulez G, Mansour S, Tremblay JA, Basile F, Prieto I, Stevens LM. Composite versus conventional coronary artery bypass grafting strategy for the anterolateral territory: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2013 Aug 26; 14: 270. doi: 10.1186/1745-6215-14-270.
17. Deb S, Cohen EA, Singh SK, Une D, Laupacis A, Fremes SE RAPS Investigators. Radial artery and saphenous vein patency more than 5 years after coronary artery bypass surgery: results from RAPS (Radial Artery Patency Study). *J Am Coll Cardiol*. 2012 Jul 3;60(1):28-35. doi: 10.1016/j.jacc.2012.03.037.