

УДК 616.127-005.8

DOI 10.17802/2306-1278-2019-8-4S-89-94

ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ КОРОНАРНЫХ ШУНТОВ

Н.А. Кочергин ✉, В.И. Ганюков, Н.И. Загородников, А.В. Фролов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновский бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

- В данной статье представлены первичные результаты выявления потенциальных предикторов ранней дисфункции коронарных шунтов с помощью оптической когерентной томографии.

Актуальность

Коронарное шунтирование является наиболее распространенной кардиохирургической операцией в мире. Дисфункция графта представляет собой сложный многофакторный процесс, который происходит у значительной части всех шунтов.

Цель

Выявить с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) предикторы ранней дисфункции коронарных шунтов.

Материалы и методы

В проспективное обсервационное исследование включено 10 больных хронической ишемической болезнью сердца с множественным поражением коронарного русла, которым выполнено коронарное шунтирование. Исследуемым пациентам после хирургической реваскуляризации миокарда выполнена коронарошунтография с оптической когерентной томографией артериальных и венозных шунтов, включая дистальный анастомоз и сопряженный сегмент целевой коронарной артерии. Оцениваются целостность эндотелия; наличие выраженной извитости, стенозов, спазма и пристеночных тромбов; соотношение диаметров кондуита и нативной коронарной артерии.

Результаты

На контрольном исследовании было выявлено несколько находок. В одном случае маммарокоронарный шунт был окклюзирован, что потребовало стентирования передней межжелудочковой артерии. У одного больного была выявлена диссекция маммарокоронарного анастомоза, при этом на ОКТ выявлен двойной просвет с формированием ложного канала. В одном случае определялся стеноз аутовенозного шунта на правую коронарную артерию (53,1% по площади). В трех случаях выявлено выраженное несоответствие размеров аутовенозного шунта и целевой коронарной артерии с более чем двухкратным превышением соотношения диаметров, причем в одном случае диаметр нативной артерии был менее 2 мм.

Заключение

ОКТ является эффективным методом визуализации морфологических изменений не только коронарных артерий, но и коронарных шунтов, которые могут ассоциироваться с ранней дисфункцией графтов.

Ключевые слова

ИБС • Коронарное шунтирование • ОКТ • Дисфункция шунтов

Поступила в редакцию: 20.10.19; поступила после доработки: 05.11.19; принята к печати: 02.12.19

OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY OF CORONARY GRAFTS

N.A. Kochergin ✉, V.I. Ganyukov, N.I. Zagorodnikov, A.V. Frolov

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

- This article presents potential predictors of early graft failure after coronary artery bypass grafting using optical coherence tomography.

Для корреспонденции: Кочергин Никита Александрович, e-mail: nikotwin@mail.ru; адрес: 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновский бульвар, 6

Corresponding author: Kochergin Nikita A., e-mail: nikotwin@mail.ru; address: 650002, Russian Federation, 650002, Kemerovo, 6, Sosnoviy Blvd.

Background	Coronary artery bypass graft surgery is the most common cardiac surgery worldwide. Graft failure is a complex multifactorial process that occurs in a significant part of all grafts.
Aim	To identify predictors of early coronary bypass failure using optical coherence tomography.
Methods	10 patients with multivessel coronary artery disease who underwent coronary artery bypass grafting were included in a prospective observational study. After surgical myocardial revascularization, patients underwent coronary angiography with optical coherence tomography (OCT) of arterial and venous grafts, including the distal anastomosis and conjugate segment of the target coronary artery. Endothelial damage; the presence of severe tortuosity, stenosis, spasm and parietal thrombi; the ratio of the diameters of the conduit and the native coronary artery were assessed.
Results	In one case, the left internal mammary artery was occluded, which required stenting of the left anterior descending artery. In one patient, a dissection of the left internal mammary artery anastomosis was revealed, while a double lumen with the formation of a false channel was revealed on the OCT. In one case, stenosis of a saphenous vein graft on the right coronary artery was determined (53.1% by area). In three cases, a pronounced recalibration of the diameters of the saphenous vein graft and the target coronary artery with more than two times the ratio was revealed, and in one case, the diameter of the target artery was less than 2 mm.
Conclusion	OCT is an effective method for visualizing morphological changes not only in coronary arteries, but also in coronary bypass grafts, which may be associated with early graft failure.
Keywords	CAD • CABG • OCT • Graft failure

Received: 20.10.19; received in revised form: 05.11.19; accepted: 02.12.19

Список сокращений

ИБС – ишемическая болезнь сердца ОКТ – оптическая когерентная томография
КШ – коронарное шунтирование

Введение

Коронарное шунтирование (КШ) является наиболее распространенной кардиохирургической операцией в мире [1]. Долгосрочная проходимость коронарных шунтов способствует улучшению качества и продолжительности жизни пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС). Дисфункция графта приводит к ишемии миокарда, что в свою очередь может ассоциироваться с неблагоприятным исходом. Несостоятельность со временем возникает у значительной части всех шунтов и представляет собой сложный многофакторный процесс. Дисфункция значительно чаще встречается в венозных, чем артериальных графтах, поэтому большинство известных патологических механизмов описаны именно в аутовенозных шунтах [1]. Ранняя дисфункция чаще связана с техническими причинами, приводящими к повреждению эндотелия с последующим тромбозом кондуита. Частота ранней несостоятельности шунтов может достигать 20% [2]. Поздняя дисфункция чаще возникает в результате неоатерогенеза и разрыва бляшек с последующей окклюзией шунта [3].

Для оценки эндотелиальной целостности не только венечных артерий, но и коронарных шунтов могут использоваться методы внутрисосудистой визуализации (внутрисосудистый ультразвук или оптическая когерентная томография). Оптическая когерентная томография (ОКТ) представляет собой относительно новый метод внутрисосудистой визуализации, обеспечивающий разрешение в диапазоне от 2 до 15 мкм, что в 10 раз превышает разрешающую способность внутрисосудистого ультразвука [4]. Высокое разрешение ОКТ позволяет более точно оценить целостность эндотелия [5]. Однако на сегодняшний день имеются ограниченные данные использования внутрисосудистых методов визуализации при оценке коронарных шунтов [6]. Поэтому цель нашего исследования – выявить с помощью ОКТ предикторы ранней дисфункции коронарных шунтов.

Материалы и методы

В проспективное наблюдательное исследование включаются больные хронической ИБС, которым выполнена операция КШ. К критериям включения

относится множественное поражение коронарного русла с критическим поражением коронарных артерий (стенозы $\geq 90\%$), либо подтвержденной значимостью стенозов (неинвазивное тестирование или фракционный резерв кровотока). Из исследования исключаются пациенты с почечной недостаточностью со снижением скорости клубочковой фильтрации менее 60 мл/час как до, так и после КШ, из-за высокого риска контрастиндуцированной нефропатии. Дизайн исследования одобрен локальным этическим комитетом. Все пациенты должны подписать информированное согласие для участия в исследовании.

Согласно локальной клинической практике всем пациентам рутинно выполняется скрининг состоятельности шунтов интраоперационно с помощью пикфлоуметрии. При неудовлетворительных показателях пикфлоуметрии (скорость кровотока менее 25 мл/сек и индекс пульсации более 4) проводится ревизия графта с повторным наложением анастомозов при необходимости [2]. Исследуемым пациентам через несколько дней после хирургической реваскуляризации миокарда выполняется коронарошунтография с ОКТ артериальных и венозных шунтов, включая дистальный анастомоз и сопряженный сегмент целевой коронарной артерии (3–5 см). Оцениваются целостность эндотелия; наличие выраженной извитости, стенозов, спазма и пристеночных тромбов; соотношение диаметров кондуита и нативной коронарной артерии. При выявлении вышеперечисленных признаков дополнительные вмешательства выполняются только при значимой компретации кровотока по шунту. Всем пациентам назначается идентичная медикаментозная терапия согласно локальной клинической практике.

Через 12 месяцев наблюдения пациентам планируется выполнить контрольную коронарошунтографию для выявления ранней дисфункции графтов. Под дисфункцией шунта подразумевается его окклюзия или стеноз, значимо лимитирующий кровоток ($\geq 70\%$). К конечным точкам исследования также относятся кардиальная смерть и инфаркт миокарда.

Статистический анализ результатов исследования проводился с помощью программы STATISTICA 10 (StatSoft, США). Количественные величины были представлены в виде медианы и интерквартильного размаха с указанием 25 и 75 квартилей Me (Lq; Uq). Качественные показатели представлены в виде абсолютных и относительных значений.

Результаты

10 пациентам, перенесшим КШ в условиях искусственного кровообращения, выполнены контрольная коронарошунтография с ОКТ. С целью уменьшения контрастной нагрузки при проведении

ОКТ отбирались больные преимущественно с двумя коронарными шунтами: один аутовенозный – в позицию правой или огибающей коронарной артерии и один маммарный – на переднюю межжелудочковую артерию.

Медиана возраста пациентов составила 62,8 лет. По половой структуре пациенты разделились поровну. Характеристика исследуемых пациентов представлена в Табл. 1.

Несмотря на пока малочисленную выборку пациентов на контрольном исследовании было выявлено несколько находок. В одном случае маммарокоронарный шунт был окклюзирован в дистальном сегменте, что потребовало стентирования передней межжелудочковой артерии. Окклюзия шунта не сопровождалась клиническими проявлениями у пациента. У другого больного была выявлена диссекция маммарокоронарного анастомоза, при этом на ОКТ выявлен двойной просвет с формированием ложного канала в зоне анастомоза (Рис. 1). Антеградный кровоток был сохранен на уровне ТМІЗ, поэтому принято решение не выполнять чрескожного коронарного вмешательства с последующей оценкой через 12 месяцев. Еще в одном случае был выявлен стеноз проксимального сегмента аутовенозного шунта

Таблица 1. Характеристика исследуемой выборки пациентов
Table 1. Characteristics of the study sample

Показатель/ Parameter	n = 10
Возраст, лет / Age, years Me (Lq; Uq)	62,8 (59; 68)
Пол мужской / Males, % (n)	50 (5)
Артериальная гипертензия / Hypertension, % (n)	100 (10)
Мультифокальный атеросклероз / Polyvascular disease, % (n)	20 (2)
Сахарный диабет / Diabetes mellitus, % (n)	30 (3)
Фракция выброса левого желудочка / Left ventricular ejection fraction, %, Me (Lq; Uq)	57,5 (54; 61)
SYNTAX score, Me (Lq; Uq)	23 (23; 25)
Индекс реваскуляризации / Revascularization index, Me (Lq; Uq)	2 (2; 2)

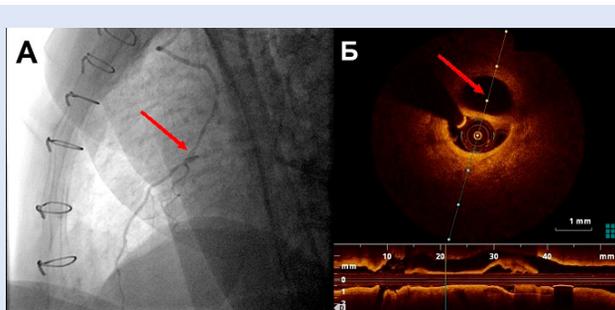


Рисунок 1. Диссекция маммарокоронарного анастомоза с передней межжелудочковой артерией

Примечание: А – диссекция маммарокоронарного анастомоза на ангиографии (указана стрелкой); Б – диссекция маммарокоронарного анастомоза с формированием ложного просвета на ОКТ (указан стрелкой)..

Figure 1. Dissection of LIMA-LAD

Note: A – dissection of LIMA by angiography (indicated by an arrow); B – dissection of LIMA with the formation of a false lumen by OCT (indicated by the arrow).

на правую коронарную артерию (Рис. 2). Учитывая, что стеноз по площади составил 53,1% на ОКТ, вмешательство на шунте не выполнялось. В остальных случаях морфология и функция графтов была удовлетворительной. В трех случаях выявлено выраженное несоответствие размеров аутовенозного шунта и целевой коронарной артерии с более чем двухкратным превышением соотношения диаметров, причем в одном случае диаметр нативной артерии был менее 2 мм.

За госпитальный период не зарегистрировано ни одного случая смерти или периоперационного инфаркта миокарда. У одного пациента послеоперационный период осложнился острым нарушением мозгового кровообращения по ишемическому типу без выраженного неврологического дефицита.

Обсуждение

Первичные результаты представленного исследования подтверждают возможность применения ОКТ для выявления потенциальных предикторов ранней дисфункции коронарных шунтов у пациентов с хронической ИБС. Дисфункция шунта представляет собой сложный многофакторный процесс, который происходит у значительной части всех графтов. Технические аспекты, особенности целевой коронарной артерии и тип кондуита являются определяющими факторами в развитии несостоятельности шунта [2].

Скрининг эндотелиальной целостности кондуитов мог бы снизить вероятность дисфункции шунтов.

Гистохимический анализ является достоверным методом оценки эндотелиального слоя, однако не может быть выполнен непосредственно в операционной. Кроме того, этот метод не информативен при гетерогенном изменении эндотелия на протяжении кондуита [7]. Мультиспиральная компьютерная томография или внутрисосудистое ультразвуковое исследование позволяют выполнить оценку всего шунта, но не имеют достаточного разрешения для визуализации большинства повреждений эндотелия [8, 9]. Разрешающая способность ОКТ позволяет выявить повреждение интимы, оценить степень стенозирования как коронарных артерий, так и коронарных шунтов.

Другим важным фактором, определяющим отдаленную проходимость шунта, является состояние целевого сосуда [2]. В ряде исследований продемонстрировано, что диаметр целевой коронарной артерии менее 2 мм ассоциируется с худшей отдаленной проходимостью графтов [10, 11]. Также подтверждено, что диффузное поражение и кальциноз целевых сосудов снижают потенциал отдаленной проходимости шунтов [12].

Неоспоримым фактом является то, что артериальные графты обладают лучшим потенциалом отдаленной проходимости по сравнению с аутовенозными кондуитами [13]. Воздействие системного давления на венозный конduit способствует диффузной пролиферации интимы, что в конечном итоге приводит к дегенеративным изменениям в аутовенозном графте [2].

В исследование пока включена малая выборка пациентов. Несмотря на это был выявлен ряд потенциальных ОКТ-предикторов ранней дисфункции шунтов. Планируется продолжить включение пациентов в исследование с последующим контрольным обследованием всех больных через 12 месяцев после индексного вмешательства.

Заключение

ОКТ является эффективным методом визуализации морфологических изменений не только коронарных артерий, но и коронарных шунтов, которые могут ассоциироваться с ранней дисфункцией графтов.

Конфликт интересов

Н.А. Кочергин заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.И. Ганюков входит в редакционную коллегию журнала КПССЗ. Н.И. Загородников заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.В. Фролов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Финансирование исследования в рамках ПНИ 16 «Оценка значимости степени стеноза коронарных сосудов с использованием методов функциональной оценки и структуры внутрисосудистой анатомии у пациентов с ИБС».

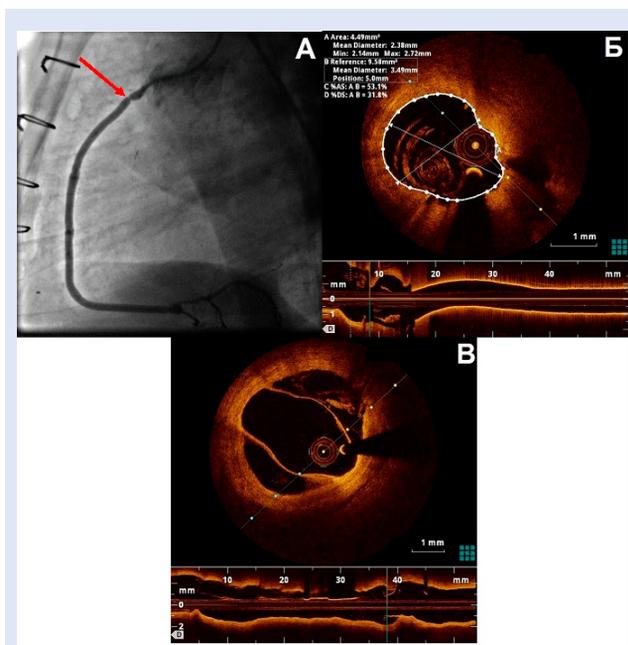


Рисунок 2. Стеноз проксимального сегмента аутовенозного шунта на правую коронарную артерию

Примечание: А – стеноз аутовенозного шунта на ангиографии (указан стрелкой); Б – стеноз аутовенозного шунта на ОКТ; В – клапан в среднем сегменте аутовенозного шунта на ОКТ.

Figure 2. Stenosis of the proximal segment of SVG on the right coronary artery

Note: A – stenosis of SVG by angiography (indicated by an arrow); B – stenosis of SVG on OCT; B – the valve in the middle segment of SVG by OCT.

Информация об авторах

Кочергин Никита Александрович, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории интервенционных методов диагностики и лечения отдела мультифокального атеросклероза Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научный исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

Ганюков Владимир Иванович, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией интервенционных методов диагностики и лечения отдела мультифокального атеросклероза Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научный исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

Загородников Никита Игоревич, аспирант по сердечно-сосудистой хирургии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научный исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

Фролов Алексей Витальевич, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории реконструктивной хирургии мультифокального атеросклероза отдела мультифокального атеросклероза Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научный исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация.

Author Information Form

Kochergin Nikita A., PhD, researcher at the Laboratory of Interventional Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation;

Ganyukov Vladimir I., PhD, Head of the Laboratory of Interventional Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation;

Zagorodnikov Nikita I., graduate student, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation;

Frolov Alexey V., PhD, senior researcher at the Laboratory of Reconstructive Surgery of Multivessel and Polyvascular Diseases, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation.

Вклад авторов в статью

КНА – вклад в концепцию исследования, получение и анализ данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

ГВИ – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

ЗНИ – получение и анализ данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

ФАВ – вклад в концепцию исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Author Contribution Statement

KNA – contribution to the concept of the study, data collection and analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content;

GVI – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

ZNI – data collection and analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

FAV – contribution to the concept of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Harskamp R.E., Lopes R.D., Baisden C.E., de Winter R.J., Alexander J.H. Saphenous vein graft failure after coronary artery bypass surgery: pathophysiology, management, and future directions. *Ann Surg.* 2013;257:824–833. doi:10.1097/SLA.0b013e318288c38d
2. Кочергин Н.А., Фролов А.В., Ганюков В.И. Дисфункция коронарных шунтов. Атеросклероз и дислипидемии. 2018;4(33):25-35.
3. Gaudino M., Antoniadis C., Benedetto U., Deb S., Di Franco A., Di Giammarco G., Fremes S., Glineur D., Grau J., He G.W., Marinelli D., Ohmes L.B., Patrono C., Puskas J., Tranbaugh R., Girardi L.N., Taggart D.P. ATLANTIC (Arterial Grafting International Consortium) Alliance. Mechanisms, Consequences, and Prevention of Coronary Graft Failure. *Circulation.* 2017 Oct 31;136(18):1749-1764. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.117.027597
4. Кочергин Н.А., Кочергина А.М., Ганюков В.И., Окунев И.М., Барбараш О.Л. Оптическая когерентная томография при проведении чрескожных коронарных вмешательств. Обзор литературы и клинический пример. *Эндоваскулярная хирургия* 2018. 5(1). С. 43-49. doi:10.24183/2409-4080-2018-5-1-43-49
5. Ali Z.A., Maehara A., Généreux P., Shlofmitz R.A., Fabbicocchi F., Nazif T.M., et al; ILUMIEN III: OPTIMIZE PCI Investigators. Optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation (ILUMIEN III: OPTIMIZE PCI): a randomised controlled trial. *Lancet.* 2016;388(10060):2618-2628. doi:10.1016/S0140-6736(16)31922-5
6. Huang T.H., De Silva K., Allahwala U.K., Danson E.J., Karjalainen P.K., Kajander O.A., Bhindi R. In vivo morphologic comparison of Saphenous vein grafts and native coronary arteries following non-ST elevation myocardial infarction. *Cardiovasc Revasc Med.* 2019 Jan;20(1):16-21. doi: 10.1016/j.carrev.2018.04.010.
7. Brown E.N., Burris N.S., Gu J., Kon Z.N., Laird P., Kallam S., Tang C.M., Schmitt J.M., Poston R.S. Thinking inside the graft: applications of optical coherence tomography in coronary artery bypass grafting. *J Biomed Opt.* 2007 Sep-Oct;12(5):051704. doi: 10.1117/1.2799521

8. Oshima A., Takeshita S., Kozuma K., Yokoyama N., Motoyoshi K., Ishikawa S., Honda M., Oga K., Ochiai M., Isshiki T. Intravascular ultrasound analysis of the radial artery for coronary artery by-pass grafting. *Ann Thorac Surg* 2005;79:99–103. doi:10.1016/j.athoracsur.2004.06.084

9. Feuchtner G.M., Smekal A., Friedrich G.J., Schachner T., Bonatti J., Dichtl W., Deutschmann M., Zur Nedden D. High-resolution 16-MDCT evaluation of radial artery for potential use as coronary artery bypass graft: a feasibility study. *Am J Roentgenol* 2005;185:1289–1293. doi:10.2214/AJR.04.0945

10. Souza D.S., Dashwood M.R., Tsui J.C., Filbey D., Bodin L., Johansson B., Borowiec J. Improved patency in vein grafts harvested with surrounding tissue: results of a randomized study using three harvesting techniques. *Ann Thorac Surg*. 2002;73:1189–1195. doi: 10.1016/s0003-4975(02)03425-2

11. Goldman S., Zadina K., Moritz T., Ovitt T., Sethi G., Copeland J.G., Thottapurathu L., Krasnicka B., Ellis N., Anderson R.J., Henderson W.; VA Cooperative Study Group #207/297/364.

Long-term patency of saphenous vein and left internal mammary artery grafts after coronary artery bypass surgery: results from a Department of Veterans Affairs Cooperative Study. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44:2149–2156. doi:10.1016/j.jacc.2004.08.064

12. Shiono Y., Kubo T., Honda K., Katayama Y., Aoki H., Satogami K., Kashiyama K., Taruya A., Nishiguchi T., Kuroi A., Orii M., Kameyama T., Yamano T., Yamaguchi T., Matsuo Y., Ino Y., Tanaka A., Hozumi T., Nishimura Y., Okamura Y., Akasaka T. Impact of functional focal versus diffuse coronary artery disease on bypass graft patency. *Int J Cardiol*. 2016;222:16–21. doi:10.1016/j.ijcard.2016.07.052

13. Ганюков В.И., Тарасов Р.С., Шилов А.А., Кочергин Н.А., Барбараш Л.С. Мини-инвазивная гибридная реваскуляризация миокарда при многососудистом поражении коронарного русла. Современное состояние вопроса. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2016;(2):46-50. doi:10.17802/2306-1278-2016-2-46-50

REFERENCES

1. Harskamp R.E., Lopes R.D., Baisden C.E., de Winter R.J., Alexander J.H. Saphenous vein graft failure after coronary artery bypass surgery: pathophysiology, management, and future directions. *Ann Surg*. 2013;257:824–833. doi:10.1097/SLA.0b013e318288c38d

2. Kochergin N.A., Frolov A.V., Ganyukov V.I. Coronary graft failure. *Ateroskleroz i Dislipidemii*. 2018;4(33):25-35 (in Russian)

3. Gaudino M., Antoniadis C., Benedetto U., Deb S., Di Franco A., Di Giammarco G., Fremes S., Glineur D., Grau J., He G.W., Marinelli D., Ohmes L.B., Patrono C., Puskas J., Tranbaugh R., Girardi L.N., Taggart D.P. ATLANTIC (Arterial Grafting International Consortium) Alliance. Mechanisms, Consequences, and Prevention of Coronary Graft Failure. *Circulation*. 2017 Oct 31;136(18):1749-1764. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.117.027597

4. Kochergin N.A., Kochergina A.M., Ganyukov V.I., Okunev I.M., Barbarash O.L. Optical coherence tomography during percutaneous coronary interventions. A review and a clinical case. *Endovaskulyarnaya Khirurgiya (Russian Journal of Endovascular Surgery)*. 2018. 5(1). С. 43-49. (In Russian). doi:10.24183/2409-4080-2018-5-1-43-49

5. Ali Z.A., Maehara A., Génereux P., Shlofmitz R.A., Fabbiochi F., Nazif T.M., et al; ILUMIEN III: OPTIMIZE PCI Investigators. Optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation (ILUMIEN III: OPTIMIZE PCI): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2016;388(10060):2618-2628. doi:10.1016/S0140-6736(16)31922-5

6. Huang T.H., De Silva K., Allahwala U.K., Danson E.J., Karjalainen P.K., Kajander O.A., Bhindi R. In vivo morphologic comparison of Saphenous vein grafts and native coronary arteries following non-ST elevation myocardial infarction. *Cardiovasc Revasc Med*. 2019 Jan;20(1):16-21. doi: 10.1016/j.carrev.2018.04.010.

7. Brown E.N., Burris N.S., Gu J., Kon Z.N., Laird P., Kallam S., Tang C.M., Schmitt J.M., Poston R.S. Thinking inside the graft: applications of optical coherence tomography

in coronary artery bypass grafting. *J Biomed Opt*. 2007 Sep-Oct;12(5):051704. doi: 10.1117/1.2799521

8. Oshima A., Takeshita S., Kozuma K., Yokoyama N., Motoyoshi K., Ishikawa S., Honda M., Oga K., Ochiai M., Isshiki T. Intravascular ultrasound analysis of the radial artery for coronary artery by-pass grafting. *Ann Thorac Surg* 2005;79:99–103. doi:10.1016/j.athoracsur.2004.06.084

9. Feuchtner G.M., Smekal A., Friedrich G.J., Schachner T., Bonatti J., Dichtl W., Deutschmann M., Zur Nedden D. High-resolution 16-MDCT evaluation of radial artery for potential use as coronary artery bypass graft: a feasibility study. *Am J Roentgenol* 2005;185:1289–1293. doi:10.2214/AJR.04.0945

10. Souza D.S., Dashwood M.R., Tsui J.C., Filbey D., Bodin L., Johansson B., Borowiec J. Improved patency in vein grafts harvested with surrounding tissue: results of a randomized study using three harvesting techniques. *Ann Thorac Surg*. 2002;73:1189–1195. doi: 10.1016/s0003-4975(02)03425-2

11. Goldman S., Zadina K., Moritz T., Ovitt T., Sethi G., Copeland J.G., Thottapurathu L., Krasnicka B., Ellis N., Anderson R.J., Henderson W.; VA Cooperative Study Group #207/297/364. Long-term patency of saphenous vein and left internal mammary artery grafts after coronary artery bypass surgery: results from a Department of Veterans Affairs Cooperative Study. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44:2149–2156. doi:10.1016/j.jacc.2004.08.064

12. Shiono Y., Kubo T., Honda K., Katayama Y., Aoki H., Satogami K., Kashiyama K., Taruya A., Nishiguchi T., Kuroi A., Orii M., Kameyama T., Yamano T., Yamaguchi T., Matsuo Y., Ino Y., Tanaka A., Hozumi T., Nishimura Y., Okamura Y., Akasaka T. Impact of functional focal versus diffuse coronary artery disease on bypass graft patency. *Int J Cardiol*. 2016;222:16–21. doi:10.1016/j.ijcard.2016.07.052

13. Ganyukov V.I., Tarasov R.S., Shilov A.A., Kochergin N.A., Barbarash L.S. Hybrid minimally invasive myocardial revascularization in multivessel coronary disease . Current status of the issue. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2016;(2):46-50. (In Russian). doi:10.17802/2306-1278-2016-2-46-50

Для цитирования: Н.А. Кочергин, В.И. Ганюков, Н.И. Загородников, А.В. Фролов. Оптическая когерентная томография коронарных шунтов. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2019; 8 (4S): 89-94. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-4S-89-94

To cite: N.A. Kochergin, V.I. Ganyukov, N.I. Zagorodnikov, A.V. Frolov. Optical coherence tomography of coronary grafts. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2019; 8 (4S): 89-94. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-4S-89-94