

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ КОРОНАРНЫХ ИНТЕРВЕНЦИЯХ КО-РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ АНГИОГРАФИИ И ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

**\*В. В. Демин** - [ORCID: 0000-0002-4541-8078]  
 д.м.н., зав. отделением РХМДил<sup>1</sup>, профессор кафедры<sup>2</sup>  
**Д. В. Демин** - [ORCID: 0000-0002-8673-6320]  
 врач отделения РХМДил<sup>1</sup>  
**Е. В. Сероштанов** - [ORCID: 0000-0003-2184-2779]  
 врач отделения РХМДил<sup>1</sup>  
**О. М. Полякова** - [ORCID: 0000-0002-4039-2841]  
 к.м.н., ассистент кафедры<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственное автономное учреждение здравоохранения «Оренбургская областная клиническая больница»

460018 Российская Федерация, Оренбургская обл., г. Оренбург, ул. Аксакова, 23

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» МЗ РФ

Кафедра клинической медицины Института профессионального образования

460000 Российская Федерация, Оренбургская обл., г. Оренбург, ул. Советская, 6

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- оптическая когерентная томография (ОКТ)
- ангиография
- ко-регистрация
- стентирование коронарных артерий
- внутрисосудистые методы исследования

## АННОТАЦИЯ:

**Введение:** развитие методов внутрисосудистой диагностики позволило значительно увеличить объем информации при исследовании различных сосудов по сравнению со стандартной ангиографией. Технологическое и программное совершенствование оптической когерентной томографии (ОКТ) позволяет расширить диагностические возможности и обеспечить большее удобство анализа результатов этого метода внутрисосудистого исследования, что обуславливает возрастание его значения как для ежедневной клинической практики, так и в научных изысканиях.

**Цель:** описать методику выполнения новой модификации ОКТ и проанализировать накопленный опыт, преимущества и возможности, предоставляемые данным методом.

**Материал и методы:** современная версия комплекса для оптической когерентной томографии OPTIS позволяет реализовать такие новые возможности, как автоматическую индикацию малаппозиции стентов, удобное для восприятия трехмерное изображение данных исследования в различных вариантах, совместное представление (ко-регистрацию) данных ангиографии и ОКТ в режиме реального времени. Представлен первый в России опыт клинического использования данной системы, с анализом приоритетных показаний к применению новых возможностей. С использованием функции ангио-ОКТ-ко-регистрации произведено 309 исследований 205 артерий у 178 пациентов, что составило 63,3 % от всех процедур ОКТ, выполненных в отделении.

**Результаты:** определены приоритетные показания к использованию метода, к которым в первую очередь относятся: случаи протяженных стенозов с неопределенностью гемодинамической значимости отдельных участков или всего поражения в целом; затруднения с построением оптимальной проекции ангиограммы (без наложения ветвей и значимого укорочения целевого участка); бифуркационные поражения; диагностика тромбов, диссекций, разрывов бляшек, тяжелого кальциноза, в том числе при остром коронарном синдроме; подбор оптимальных размеров биодеградируемого скаффолда и подготовка артерии к его имплантации; промежуточный или окончательный контроль результатов стентирования коронарных артерий. Использование ко-регистрации ангиографии и ОКТ способствует более точному определению зоны интереса при повторных исследованиях, что особенно важно для динамической оценки состояния пациента и для научных исследований.

**Выводы:** развитие и модернизация оптической когерентной томографии обуславливает возрастание её значения как в ежедневной клинической практике, так и в научных исследованиях. Возможность пространственной совместной регистрации данных ОКТ с ангиографическим изображением, а также новые опции автоматической обработки получаемых изображений, включая оценку аппозиции стента, существенно увеличивают возможности оператора по-быстрому и точному анализу данных исследования непосредственно у операционного стола.

**Для цитирования.** Демин В.В., Демин Д.В., Сероштанов Е.В., Полякова О.М. «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ КОРОНАРНЫХ ИНТЕРВЕНЦИЯХ КО-РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ АНГИОГРАФИИ И ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ». Ж. ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ И ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ. 2022, 16(1): 30–40.

# USE OF REAL-TIME CO-REGISTRATION OF ANGIOGRAPHY AND OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY DURING CORONARY INTERVENTION

\*Demin V.V. - [ORCID: 0000-0002-4541-8078]

MD, PhD, professor<sup>1,2</sup>

Demin D.V. - [ORCID: 0000-0002-8673-6320]

MD<sup>1</sup>

Seroshtanov E.V. - [ORCID: 0000-0003-2184-2779]

MD<sup>1</sup>

Polyakova O.M. - [ORCID: 0000-0002-4039-2841]

MD, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Orenburg Regional Clinical Hospital

23, Aksakova str., Orenburg, Orenburg Region, Russian Federation, 460018

<sup>2</sup>The Orenburg State Medical University

Chair clinical medicine of Institute of Professional Education

6, Sovetskaya str., Orenburg, Orenburg Region, Russian Federation, 460000

## KEY-WORDS:

- optical coherence tomography (OCT)
- angiography
- co-registration
- stenting of coronary arteries
- intravascular research methods

## ABSTRACT:

**Introduction:** development of intravascular diagnostic methods has significantly increased the amount of information in the study of various vessels in comparison with standard angiography. Technological and software improvement of optical coherence tomography (OCT) allows expanding diagnostic capabilities and providing greater convenience for analyzing of results of this method of intravascular examination, which leads to an increase in its importance both for daily clinical practice and in scientific research.

**Aim:** was to describe the methodology of performing a new modification of OCT and to analyze accumulated experience, advantages and possibilities provided by this method.

**Material and methods:** the modern version of the complex for optical coherence tomography OPTIS allows to implement such new features as automatic indication of malapposition of stents, easy-to-perceive three-dimensional image of examination data in various versions, joint presentation (co-registration) of angiography and OCT data in real time. The first experience of clinical use of this system in the Russian Federation is presented, with an analysis of priority indications for the use of new possibilities. Using the angio-OCT-co-registration function, 309 studies of 205 arteries in 178 patients were performed, which accounted for 63,3% of all OCT procedures performed in our department.

**Results:** priority indications for the use of the method were identified, which primarily include: cases of extended stenoses with an uncertainty in the hemodynamic significance of individual sections or the entire lesion as a whole; difficulties in constructing an optimal projection of the angiogram (without overlapping branches and significant shortening of the target area); bifurcation lesions; diagnostics of thrombus, dissections, plaque ruptures, severe calcification, including in acute coronary syndrome; selection of the optimal size of biodegradable scaffold and preparation of the artery for its implantation; intermediate or final control of results of coronary artery stenting. The use of co-registration of angiography and OCT contributes to a more accurate determination of the area of interest during repeated studies, which is especially important for the dynamic assessment of the patient's condition and for scientific research.

**Conclusions:** the development and modernization of optical coherence tomography causes an increase in its importance both in daily clinical practice and in scientific research. The possibility of spatial co-registration of OCT data with angiographic images, as well as new options for automatic processing of resulting images, including stent apposition assessment, significantly increase the operator's ability to quickly and accurately analyze examination data directly at the operating table.

## Введение

Развитие сердечно-сосудистой хирургии в целом, и интервенционной кардиоангиологии в частности, во многом обязано совершенствованию ангиографических методик, выступавших многие годы в качестве «золотого стандарта» исследования сосудов. Однако в последнее время отчетливо прослеживается и обратная зависимость - возрастающие потребности рентгено- и кардиохирургии стимулируют улучшение

существующих и появление новых методов визуализации. В противовес планиметрическому и силуэтному характеру изображения, характерному для ангиографии и являющемуся одним из основных её ограничений, получили развитие методы внутрисосудистой визуализации, позволяющие оценить, как сосуд, так и его содержимое на основе поперечных изображений. Внутрисосудистое ультразвуковое исследование

(ВСУЗИ) стало первым из методов внутрисосудистой визуализации, получивших признание как в клинической практике, так и, едва ли не в большей степени, в научных исследованиях [1]. Примерно через десятилетие получил распространение новый метод внутрисосудистых исследований – оптическая когерентная томография (ОКТ). При неизбежном сравнении ВСУЗИ и ОКТ многократно отмечено, что оба метода имеют свои преимущества и недостатки. Большая проникающая способность внутрисосудистого ультразвука позволяет во многих случаях давать более полную информацию обо всем сосуде, особенно при значительном объеме бляшки. Вместе с тем, практически десятикратное превосходство ОКТ по разрешению изображения, значительно более полная информация о внутрисосудистых наложениях, а также наиболее точные измерения (количественная ангиография преуменьшает размеры, а ВСУЗИ несколько преувеличивает) способствовали тому, что сегодня ОКТ выступает практически на паритетных началах со ВСУЗИ [2,3].

Можно выделить несколько основных направлений развития и совершенствования методов внутрисосудистой визуализации:

- 1) модификация консолей аппаратов, появление, наряду с мобильными, интегрированных в ангиографические комплексы версий;
- 2) разработка сочетанных датчиков и методов представления изображений, в первую очередь для увеличения возможностей идентификации нестабильной бляшки;
- 3) интеграция в аппараты блоков для определения функционального резерва кровотока как физиологической составляющей оценки поражения;
- 4) ко-регистрация ангиографического и внутрисосудистого изображений;
- 5) 3D-реконструкция с различными вариантами построений и анализа изображения;
- 6) разработка способов автоматической индикации неоптимального прилегания (малаппозиции) стентов.

Если первые четыре из упомянутых направлений актуальны для ВСУЗИ и ОКТ в равной степени, то два последних специфичны преимущественно для оптической когерентной томографии. Это обусловлено, во-первых, упомянутым преимуществом ОКТ в отношении разрешения изображения, и, во-вторых, тенденцией к более быстрому развитию программного обеспечения именно в аппаратах с данным способом визуализации. Система OPTIS (Abbott) воплотила в себе большинство из этих новаций [4,5].

**Цель:** описать методику выполнения новой модификации ОКТ и проанализировать накопленный опыт, преимущества и возможности, предоставляемые данным методом.

## Материал и методы

Опыт коллектива насчитывает более 3500 исследований (ОКТ), выполненных за период десяти лет.

Это позволило сформировать собственные подходы как к рутинным показаниям к использованию метода, так и к техническим особенностям проведения процедуры, описанные ранее [6]. Метод ангио-ОКТ-ко-регистрации использован нами в клинической практике впервые в России (сентябрь 2018 г.). Считаю целесообразным подробно остановиться на методике выполнения данного вида исследования.

Система OPTIS существует в двух вариантах – мобильном и интегрированном в ангиографический комплекс. На текущий момент в Российской Федерации зарегистрирован только мобильный вариант системы. Тем не менее, использование всех свойств устройства требует его глубокой связи с ангиографом, что более достижимо в ангиографических аппаратах последнего поколения.

В нашем случае это реализовано посредством объединения возможностей системы OPTIS и ангиографического комплекса Artis Zee Floor (Siemens) с многофункциональным широкоформатным (56") дисплеем, позволяющим воспроизводить в том числе изображения с внешних источников разного размера и в различных сочетаниях. Удобство работы у операционного стола обеспечивается дополнительным контроллером (с возможностью беспроводного подключения), позволяющим хирургу выполнять большую часть манипуляций по обработке данных ОКТ самостоятельно, без привлечения специалиста для работы у основной консоли. Кроме этого, несмотря на внешнее сходство с предыдущими моделями, существенно переработан пульт управления приводным электродвигателем и оптической системой (DOC), находящийся в стерильной зоне. Он дает возможность хирургу действовать автономно уже на этапе записи данных, позволяя контролировать и инициировать изображение и протяжку от стола. В полной версии комплектации система содержит также блок для регистрации фракционного резерва кровотока (Wi-Box), который крепится к операционному столу и связывается с основным блоком аппарата беспроводным способом.

Частота кадров в системе OPTIS повышена по сравнению с предыдущим поколением аппаратов для оптической когерентной томографии данного производителя со 100 до 180 кадров в секунду. Отличием системы OPTIS является также появление возможности выбора между несколькими видами записи: протяжкой длиной 54 мм в режиме высокого разрешения (18 мм/сек., 10 кадров/мм), протяжкой длиной 75 мм в стандартном режиме (36 мм/сек., 5 кадров/мм), и статическим режимом при отсутствии движения датчика в продольной плоскости. Первый режим предпочтителен для последующих построений качественных трехмерных

изображений, анализа бифуркаций, второй – для быстрого анализа протяженных участков, третий – для исследования таких объектов, как ствол левой коронарной артерии.

Актуальная модификация системы позволяет формировать изображение, максимально удобное для интерпретации исследователем, с возможностью принятия решений у операционного стола без дополнительных манипуляций. Для этого, помимо стандартного поперечного изображения текущего кадра и сформированной по результатам протяжки продольной проекции просвета сосуда (профиль просвета), с автоматической индикацией минимального диаметра, референсных сегментов и подсчетом как поперечных, так и продольных размеров, в том числе площади просвета и процента стеноза по площади и по диаметру. При необходимости исследователь может одним кликом сдвинуть любой из маркеров, получив автоматические измерения на новом участке. В тех случаях, когда на анализируемом участке имеются артефакты, ставящие под сомнение результаты измерений, последние выделяются цветом и заменяются вопросительными знаками. При выполнении исследования после имплантации стента система позволяет оценить адекватность установки не только посредством визуальной оценки положения эндопротеза по отношению к морфологическим элементам, хорошо визуализируемым на поперечном и продольном изображениях, но и за счет автоматической фиксации минимального диаметра просвета, позволяя быстро решить вопрос о необходимости постдилатации большим баллоном или давлением. Высокое разрешение изображения позволяет определить характерные черты архитектуры различных стентов на третьей проекции, а также выявить зоны деформации. Впервые в коммерческой системе реализована автоматическая идентификация участков малаппозиции (неоптимального прилегания) стента. Последние выделяются цветом как на поперечном, так и на продольном изображениях. По умолчанию установлены следующие цветовые диапазоны: красный – при аппозиции выше 300 мкм, желтый – от 200 до 300 мкм, белый – менее 200 мкм. При желании исследователя пороговые величины могут меняться. Кроме того, возможно представление полосы указателя аппозиции стента, которая располагается между окном профиля просвета и окном продольного сечения. Она отражает сводную информацию по отдельным элементам стента и позволяет оценить протяженность зон значимой малаппозиции.

До недавнего времени оставалась нерешенной проблема адекватного сопряжения в восприятии исследователя изображений, полученных с помощью ангиографии и методов внутрисосудистой визуализации. Несмотря на всю детализацию продольной реконструкции записи ОКТ, она не может повторить геомет-

рию сосуда, отраженную на ангиограмме. Обеспечить более точное соответствие анализируемого изображения и его локализации на ангиограмме призваны новые программы ко-регистрации ангиографических и внутрисосудистых изображений, внедряемые большинством производителей и сторонними разработчиками. Станция OPTIS является одним из удачных примеров такого совмещения и первой из систем ко-регистрации, внедренных в России. Важной особенностью является возможность построения совмещенного изображения непосредственно после протяжки датчика ОКТ, то есть практически в режиме реального времени. Условием качественного и достоверного совмещения является правильное выполнение ангиографии, с отображением всей длины поражения в проекции с минимальным укорочением, т.е. максимально приближенной к боковой. Ангиография должна выполняться с частотой 30 кадров в секунду. На ангиографическом изображении, выполненном одновременно с протяжкой датчика ОКТ, выбираются кадры с максимально тугим наполнением контраста и, по возможности, отсутствием пересечения зоны интереса боковыми ветвями. Задаются несколько контрольных точек (начиная от дистальной), определяющих траекторию артерии. При необходимости траектория может быть скорректирована добавлением дополнительных точек. После подтверждения точности траектории выполняется процесс ко-регистрации, занимающий несколько секунд. Затем подтверждается уже точность построения совмещенных данных и возможен анализ построенного изображения. На экране системы и ангиографического комплекса, помимо упомянутых продольных и поперечных сечений ОКТ, появляется ангиографическое изображение с указателем, соответствующим анализируемому поперечному кадру. Вид данного указателя дает дополнительную информацию о степени точности совмещения: при белом цвете и короткой длине достоверность больше, при красном цвете и большей длине – меньше. Если задействована опция полосы указателя аппозиции стента, контуры эндопротеза на ангиографическом изображении будут обведены соответствующими цветами – белым при оптимальной аппозиции, красным или желтым – при наличии малаппозиции.

Еще одной опцией системы OPTIS является возможность построения трехмерного изображения исследуемого сегмента. Безусловно, оно является виртуальной реконструкцией, представленной в виде цилиндра, и не повторяющей геометрию артерии. Вместе с тем, возможно не только построение полного объема объекта, но и версии с вырезанным сегментом, выделение только атероматозной бляшки или имплантированного стента. Кроме того, имеется вариант просмотра записанной серии по типу псевдоэндоскопического изображения, в виде пролета внутри просвета сосуда. При этом возможно виртуальное

«удаление» с изображения коронарного проводника, а также маркировка поперечного сечения, синхронная с меткой на ко-регистрации. На трехмерное изображение переносятся и данные о малаппозиции стента, с соответствующей цветной маркировкой.

За период после включения в работу станции OPTIS (3 года) в отделении выполнено 496 оптических когерентных томографий 292 пациентам. Наличие в отделении нескольких комплексов для ОКТ, включая, помимо OPTIS, Ilumien (St. Jude Medical) и Lunawave (Terumo), позволяло дифференцированно подходить к выбору для операции у того или иного пациента одной из трех рентгенооперационных с различным оснащением. На комплексе OPTIS выполнено 389 исследований (78,4% от общего количества), из них с использованием функции ко-регистрации 309 исследований 205 артерий у 178 пациентов (79,4 % от процедур, выполненных на станции OPTIS или 63,3 % от всех ОКТ).

На диагностическом этапе оптическая когерентная томография с ангио-ко-регистрацией использована нами у 40 пациентов (42 исследования); у 16-ти из них это были контрольные исследования: в 9 случаях – программированный контроль через 6 месяцев после лечения рестенозов в стентах с применением баллонов с лекарственным покрытием, еще у семи больных – программированный контроль через 4-6 лет после имплантации биодеградируемых скаффолдов. В 24 наблюдениях ОКТ была использована для верификации значимости поражения и установила отсутствие

необходимости в реконструктивной операции в 17 случаях, значимый стеноз с программированием плановой операции следующим этапом в 4-х; пограничное поражение, потребовавшее дополнительной функциональной оценки (iFR), – в трех.

Во время оперативных вмешательств выполнено 259 исследований 138 пациентам: 91 – на исходном этапе операции, 44 – как промежуточное исследование, установившее необходимость в дополнительной коррекции (в 21 случае – по поводу значимой малаппозиции стента, в 4-х – по поводу диссекции интимы, в одном – в связи с пристеночным тромбозом в области бифуркации, в 8-ми – в связи с недорасправлением стента; еще в 20 наблюдениях промежуточное исследование выполнялось во время применения баллонов с лекарственным покрытием в in-stent рестенозах), 132 – в качестве окончательного контроля.

## Результаты

Возможности метода ангио-ОКТ-ко-регистрации и особенности визуального представления данных демонстрирует следующий клинический пример.

### Клиническое наблюдение № 1

Пациент П., 60 лет. Диагноз: Мультифокальный атеросклероз. ИБС. Стабильная стенокардия напряжения, II ФК. ПИКС. Стеноз правой коронарной артерии. Пароксизмальная фибрилляция предсердий. Атеросклероз

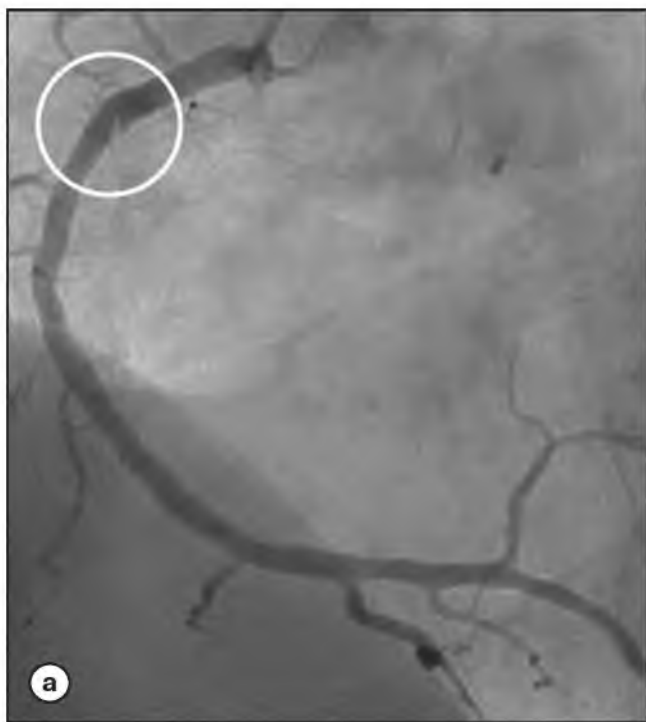
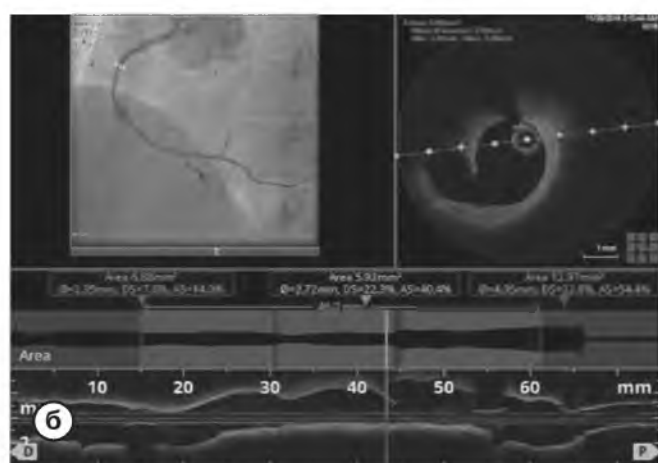
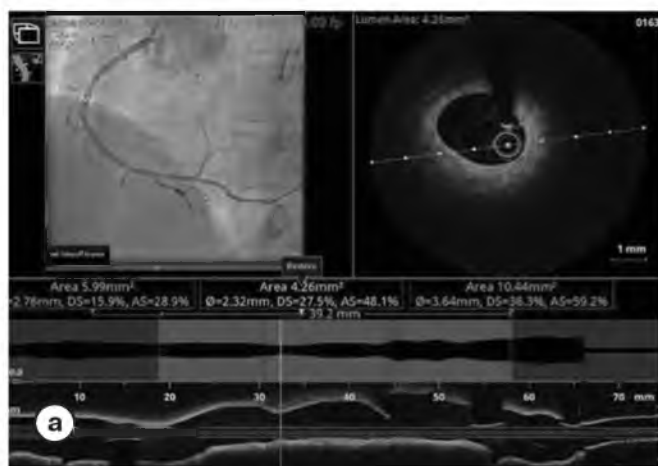


Рис. 1. Ангиограмма правой коронарной артерии.  
а – тремя месяцами ранее;  
б – при текущей госпитализации.



**Рис.** Данные ОКТ и ангио-ОКТ-ко-регистрации.

Маркер на ангиографическом изображении на кадрах а и б желтого цвета, короткий по длине - удовлетворительная достоверность данных ко-регистрации (в поле профиля просвета имеются участки, которые при автоматическом анализе расценены как сомнительные и выделены красным цветом).

а - автоматически верифицированное место наибольшего сужения. Программа определила наибольшее сужение (диаметр артерии - 2,32 мм, площадь просвета - 4,26 мм<sup>2</sup>, стеноз по площади 40,4 %, стеноз по площади по отношению к проксимальному референсному участку 59,2 %) в ангиографически малоизмененном сегменте. Автоматически определены проксимальный и дистальный референсные сегменты, длина пораженного участка - 39,2 мм. I - поле количественных значений просвета и степени стеноза, II - поле профиля просвета, III - поле продольного сечения;

б - зона эксцентричной нестабильной бляшки. На поперечном и продольном изображениях хорошо виден разрыв интимы с флотацией лоскута против тока крови.

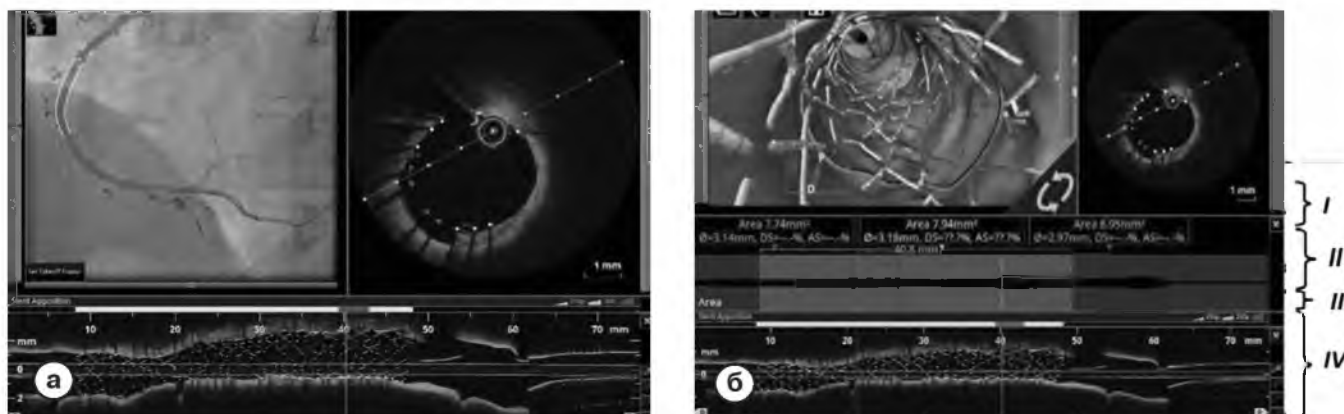
в - фрагмент 3D-реконструкции зоны интереса. Помимо разрыва интимы, видны тромботические наложения (обведены кругом).

артерии. Артериальная гипертония III ст., ОВР. СН II A ст., ФК III. Атеросклероз артерий нижних конечностей, окклюзия берцовых артерий слева. Сопутств.: Дисциркуляторная энцефалопатия II ст. Последствия повторных ишемических инсультов. Левосторонний пирамидный дефицит до спонтанного легкого пареза руки. Кисты в периваскулярных отделах теменных областей с обеих сторон. Хронический бронхит курильщика. ДН I ст.

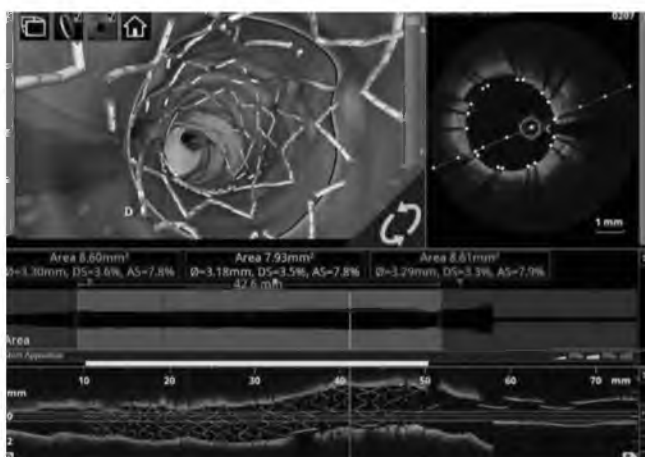
Жалобы при текущей госпитализации на одышку, дискомфорт в прекардиальной области при физической нагрузке (ходьба на 500 метров), купирующиеся в покое (нитратами пользуется нерегулярно), перебои в работе сердца, перемежающуюся хромоту, АД максимально до 240/110 мм рт. ст. Из анамнеза: острый инфаркт миокарда за год до индексной госпитализации, лечился по месту жительства, в сосудистый центр не переводился, локализация инфаркта не известна. Курит. Операция - поясничная симпатэктомия слева 4 года назад. За три месяца до текущей госпитализации находился на стационарном лечении и обследовании, включая коронарографию. По данным исследования: эксцентричный стеноз правой коро-

нарной артерии в проксимальном сегменте до 65 % (рис. 1а). Решено выполнить отсроченную контрольную коронарографию с применением методов визуализации с последующим решением вопроса о дальнейшей тактике лечения.

В данную госпитализацию выполнена коронарография трансрадиальным доступом (рис. 1б), затем ангио-ОКТ-ко-регистрация (рис. 2). В проксимальном сегменте сохраняется спиклообразный дефект наполнения, на границе проксимального и среднего сегмента - стеноз до 70% по площади, с минимальным просветом 2 мм. Учитывая выявленные изменения с тромбоопасной диссекцией бляшки в проксимальном сегменте артерии, отсутствием тенденции к заживлению на протяжении трех месяцев, совпадением локализации ранее перенесенного инфаркта по данным ЭКГ и ЭхоКГ, установлены показания к операции стентирования правой коронарной артерии. По данным ОКТ определены референсные размеры артерии, длина поражения. Имплантация стента Calipso 3,25×38,0 мм, постдилатация некомплаинсным баллоном Sapphire NC 3,25×18,0 по всей длине стента трижды при 16 атм.



**Рис. 3.** Данные ОКТ и ангио-ОКТ-ко-регистрации после имплантации стента. а – стентированный сегмент на ангиограмме обведен белой линией, выделены страты стента на поперечном сечении. Участки малаппозиции стента на всех изображениях выделены красным цветом. На продольной проекции видно недорасправление стента в зоне исходного максимального стеноза; б – вариант трехмерного представления. Количественные показатели стеноза не рассчитаны, поскольку в дистальном референсном участке имеется неоптимальное расправление стента, а в проксимальном - малаппозиция. I - поле количественных значений просвета и степени стеноза, II - поле профиля просвета, III - полоса указателя аппозиции стента, IV - поле продольного сечения.



**Рис. 4.** Окончательный результат операции после дополнительной пластики. Оптимальное прилегание страт, за исключением единичного участка, маркированного желтым цветом. Отсутствие цветной маркировки на полосе указателя аппозиции стента подтверждает оптимальность прилегания эндопротеза. Хорошее расправление стента дистально. Остаточный стеноз по площади - 7,8%.

Контрольная ангиография, ОКТ с ко-регистрацией – имеется недорасправление стента в дистальном сегменте, малаппозиция в проксимальном сегменте стента (рис. 3). Дополнительная пластика в дистальном сегменте стента баллоном Sapphire NC 3,5×18,0 при 14 атм. в течение 20 с., в проксимальном сегменте стента баллоном Sapphire NC 3,5×18,0 при 16 атм. в течение 20 с. Контрольная ангиография, ОКТ с ко-регистрацией, стент расправлен, аппозиция хорошая, диссекции интимы, дистальной эмболизации нет, кровоток TIMI III (рис. 4). Послеоперационное течение

гладкое, выписан на 5 суток. При телефонном опросе через год после операции жалоб со стороны сердца не предъявляет.

### Обсуждение

Опыт использования ОКТ с ангио-ко-регистрацией свидетельствует о значительном расширении возможностей метода, удобстве его применения у операционного стола, а также большом потенциале для клинического приложения. По сравнению со стандартной ОКТ, данная процедура в руках опытного пользователя удлинит операцию всего на несколько минут. Вместе с тем, это полностью компенсируется объемом получаемой визуальной информации, включая удобные для восприятия трехмерные построения, возможностью немедленно оценить площадь просвета сосуда с точными автоматическими измерениями поражения и определения диаметра референсных сегментов артерии и расстояния между референсными участками, потенциалом быстрого и точного анализа результатов стентирования посредством применения автоматического определения аппозиции страт стента и программы 3D навигации.

Тем не менее, представляется целесообразным определить предпочтительные показания к использованию данного метода. На этапе диагностики или начала операции к таковым относятся в первую очередь случаи протяженных стенозов с неопределенностью гемодинамической значимости отдельных участков или всего поражения в целом [2,6-7]. Возможность быстрой автоматической количественной оценки любого участка артерии позволяет максимально оперативно определиться с необходимостью и объемом операции, а

также предварительно выбрать оптимальные размеры инструментов. Трудно переоценить значение метода ко-регистрации для случаев, когда вызывает затруднение построение оптимальной проекции ангиограммы, без наложения ветвей и значимого укорочения целевого участка. Частным случаем данных показаний являются бифуркационные поражения, детальный анализ которых достигается с применением различных трехмерных построений [6,8-10]. Приведенный выше клинический случай служит иллюстрацией еще одной группы показаний: оценка ангиографически неопределенных поражений, диагностика тромбов, диссекций, разрывов бляшек, тяжелого кальциноза. В этом аспекте метод может использоваться в том числе при экстренных исследованиях, для диагностики острого коронарного синдрома [6,11-13]. Наконец, мы согласны с авторами, считающими, что данный метод диагностики безусловно необходим для оптимального подбора размеров биодеградируемого скаффолда и тщательной подготовки артерии к его имплантации [6, 14-15]. Несмотря на то, что Absorb как первое подобное устройство потерял свою актуальность, ренессанс рассасывающихся стентов с использованием нового поколения инструментов весьма вероятен.

Трудно переоценить значение ОКТ с ангио-ко-регистрацией на этапе контроля результатов стентирования. Данный контроль может стать промежуточным или окончательным в зависимости от полученных результатов. Именно при использовании на данном этапе особенно наглядны преимущества ОКТ по сравнению с внутрисосудистым ультразвуком, в первую очередь, в выявлении неоптимальной аппозиции стента (анализ которой облегчается автоматической цветной кодировкой), обнаружении внутрипросветных тромбов и зон пролабирования бляшки, и, в меньшей степени, в оценке неполного расправления или деформации стента [6,16-19]. Упомянутый выше анализ бифуркаций не менее актуален на данном этапе, чем при исходной оценке, так как позволяет детализировать состояние карины, устьев боковых ветвей, геометрию ячейек стента. Такие рабочие инструменты, как полоса

указателя аппозиции стента и окно профиля просвета, позволяют сделать контрольный анализ быстрым и наглядным, а также уменьшить его зависимость от исследователя. Фиксация окончательных результатов операции с использованием ко-регистрации представляется важной опцией в научных исследованиях, поскольку позволяет при последующем контрольном исследовании более точно находить точки сопоставления данных [20-22].

Следует отметить, что в некоторых случаях достаточным является выполнение оптической когерентной томографии и без использования опции ко-регистрации. Это касается, в первую очередь, коротких поражений, не предполагающих упомянутых выше морфологических особенностей. В практике нашего отделения рутинными показаниями для ОКТ являются случаи шестимесячного контроля результатов пластики баллонами с лекарственным покрытием при in-stent рестенозах и динамического ежегодного контроля рассасывания биодеградируемых скаффолдов (вплоть до 5 лет после операции) [6,23]. При отсутствии ангиографических признаков распространения поражения за пределы стентированного участка исследования в этих случаях выполняются преимущественно без ко-регистрации.

## Заключение

Оптическая когерентная томография как метод внутрисосудистой визуализации продолжает поступательно развиваться и модернизироваться, что обуславливает возрастание его значения как в ежедневной клинической практике, так и в научных исследованиях. Появившаяся возможность пространственной совместной регистрации данных ОКТ с ангиографическим изображением, а также новые опции автоматической обработки получаемых изображений, включая оценку аппозиции стента, существенно увеличивают возможности оператора по-быстрому и точному анализу данных исследования непосредственно у операционного стола. ■



## Список литературы

1. Демин В.В. Клиническое руководство по внутрисосудистому ультразвуковому сканированию. Оренбург: Южный Урал. 2005; 400.
2. Raber L., Mintz G.S., Koskinas K.C., et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *EuroIntervention*. 2018; 14: 656-677.  
[https://doi.org/10.4244/EIJY18M06\\_011](https://doi.org/10.4244/EIJY18M06_011)
3. Johnson T.W., Raber L., di Mario C., et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 2: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *EuroIntervention*. 2019; 15: 434-451.  
[https://doi.org/10.4244/EIJY19M06\\_02](https://doi.org/10.4244/EIJY19M06_02)
4. Van der Sijde J.N., Guagliumi G., Sirbu V., et al. The OPTIS Integrated System: real-time, co-registration of angiography and optical coherence tomography. *EuroIntervention*. 2016; 12: 855-860.  
<https://doi.org/10.4244/EIJV12I7A140>
5. Karanasos A., Van der Sijde J.N., Ligthart J., et al. Utility of Optical Coherence Tomography Imaging with Angiographic Co-registration for the Guidance of Percutaneous Coronary Intervention. *Radcliffe Cardiology.com*. 2015. [Интернет ресурс]
6. Демин В.В., Демин Д.В., Сероштанов Е.В. и др. Клинические аспекты применения оптической когерентной томографии для диагностики коронарных артерий. *Международный Журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2016; 44: 42-58.
7. Ермолаев П.А., Храмых Т.П., Вяльцин А.С. Оптическая когерентная томография при пограничных поражениях коронарных артерий. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2019; 23(3): 47-56.  
<https://doi.org/10.21688/1681-3472-2019-3-47-56>
8. Onuma Y., Okamura T., Muramatsu T., et al. New implication of three-dimensional optical coherence tomography in optimising bifurcation PCI. *EuroIntervention*. 2015; 11: 71-74.  
<https://doi.org/10.4244/EIJV11SVA15>
9. Alegria-Barrero E., Foin N., Chan P.H., et al. Optical coherence tomography for guidance of distal cell recrossing in bifurcation stenting: choosing the right cell matters. *EuroIntervention*. 2012; 8: 205-213.  
<https://doi.org/10.4244/EIJV8I2A34>
10. Tyczynski P., Ferrante G., Kukreja N., et al. Optical coherence tomography assessment of a new dedicated bifurcation stent. *EuroIntervention*. 2009; 5: 544-551.  
<https://doi.org/10.4244/EIJV5I5A89>
11. Souteyrand G., Amabile N., Combaret N., et al. Invasive management without stents in selected acute coronary syndrome patients with a large thrombus burden: a prospective study of optical coherence tomography guided treatment decisions. *EuroIntervention*. 2015; 11: 895-904.  
[https://doi.org/10.4244/EIJY14M07\\_18](https://doi.org/10.4244/EIJY14M07_18)
12. Souteyrand G., Arbustini E., Motreff P., et al. Serial optical coherence tomography imaging of ACS-causing culprit plaques. *EuroIntervention*. 2015; 11: 319-324.  
<https://doi.org/10.4244/EIJV11I3A59>
13. Мустафина И.А., Павлов В.Н., Ишметов В.Ш. и др. Диагностика морфологии бляшки при остром коронарном синдроме методом оптической когерентной томографии. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2017; 12(4): 27-32.
14. Allahwala U.K., Cockburn J.A., Shaw E., et al. Clinical utility of optical coherence tomography (OCT) in the optimisation of Absorb bioresorbable vascular scaffold deployment during percutaneous coronary intervention. *EuroIntervention*. 2015; 10: 1154-1159.  
<https://doi.org/10.4244/EIJV10I10A190>
15. Шугушев З.Х., Максимкин Д.А., Воробьева Ю.С. и др. Результаты имплантации биоабсорбируемых сосудистых эндопротезов у больных ишемической болезнью сердца с сопутствующим сахарным диабетом II типа. *Российский кардиологический журнал*. 2016; 9(137): 19-24.  
<https://doi.org/10.15829/1560-4071-2016-9-19-24>
16. Răber L., Radu M.D. Optimising cardiovascular outcomes using optical coherence tomography-guided percutaneous coronary interventions. *EuroIntervention*. 2012; 8: 765-771.  
<https://doi.org/10.4244/EIJV8I7A118>
17. Tanigawa J., Barlis P., Dimopoulos K., et al. Optical coherence tomography to assess malapposition in overlapping drug-eluting stents. *EuroIntervention*. 2008; 3(5): 580-583.  
<https://doi.org/10.4244/EIJV3I5A104>
18. Radu M., Jørgensen E., Kelbæk H., et al. Optical coherence tomography at follow-up after percutaneous coronary intervention: relationship between procedural dissections, stent strut malapposition and stent healing. *EuroIntervention*. 2011; 7: 353-361.  
<https://doi.org/10.4244/EIJV7I3A60>
19. Трусов И.С., Нифонтов Е.М., Бирюков А.В. и др. Применение оптической когерентной томографии в визуализации сосудистой стенки коронарных артерий до и после стентирования. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2019; 18: 77-85.  
<https://doi.org/10.24884/1682-6655-2019-18-1-77-85>
20. Демин В.В., Галин П.Ю., Демин Д.В. и др. Сравнение стратегий имплантации стентов с лекарственным покрытием под контролем внутрисосудистого ультразвукового исследования или ангиографии: рандомизированное исследование «Оренбург». Часть 1.

Актуальность, дизайн исследования, непосредственные клинические результаты. *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2015; 9(3): 31-43.

21. Демин В.В., Мурзайкина М.М., Галин П.Ю. и др. Сравнение стратегий имплантации стентов с лекарственным покрытием под контролем внутрисосудистого ультразвукового исследования или ангиографии: рандомизированное исследование «Оренбург». Часть 2. Данные ангиографии и внутрисосудистых методов визуализации. *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2016; 10(2): 31-47.

22. Демин В.В., Гусев С.Д., Мурзайкина М.М. и др.

Непосредственные и ближайшие результаты клинического исследования по сравнению имплантации стентов с лекарственным покрытием под контролем внутрисосудистого ультразвукового исследования или ангиографии. *Международный Журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2016; 44: 82-91.

23. Демин В.В., Демин А.В., Демин Д.В. и др. Баллоны с лекарственным покрытием в лечении рестенозов коронарных артерий: 7-летний опыт использования. *Международный Журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2016; 44: 59-71.

## References

1. Demin VV. Clinical guide to intravascular ultrasound. Orenburg. Yuzhnyj Ural. 2005: 400 [In Russ].
2. Raber L, Mintz GS, Koskinas KC, et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *EuroIntervention*. 2018; 14: 656-677. [https://doi.org/10.4244/EIJY18M06\\_011](https://doi.org/10.4244/EIJY18M06_011)
3. Johnson TW, Raber L, di Mario C, et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 2: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *EuroIntervention*. 2019; 15: 434-451. [https://doi.org/10.4244/EIJY19M06\\_02](https://doi.org/10.4244/EIJY19M06_02)
4. Van der Sijde JN, Guagliumi G, Sirbu V, et al. The OPTIS Integrated System: real-time, co-registration of angiography and optical coherence tomography. *EuroIntervention*. 2016; 12: 855-860. <https://doi.org/10.4244/EIJV12I7A140>
5. Karanasos A, Van der Sijde JN, Ligthart J, et al. Utility of Optical Coherence Tomography Imaging with Angiographic Co-registration for the Guidance of Percutaneous Coronary Intervention. *Radcliffe Cardiology.com*. 2015. [Internet source]
6. Demin VV, Demin DV, Seroshtanov EV et al. Clinical issues of optical coherence tomography for coronary diagnosis. *International Journal of Interventional Cardioangiography*. 2016; 44: 34-48 [In Russ].
7. Ermolaev PA, Khramykh TP, Vyaltzin AS. Use of optical coherence tomography for intermediate coronary artery lesions. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2019; 23 (3): 47-56 [In Russ]. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2019-3-47-56>
8. Onuma Y, Okamura T, Muramatsu T, et al. New implication of three-dimensional optical coherence tomography in optimising bifurcation PCI. *EuroIntervention*. 2015; 11: 71-74. <https://doi.org/10.4244/EIJV11SVA15>
9. Alegría-Barrero E, Foin N, Chan PH, et al. Optical coherence tomography for guidance of distal cell recrossing in bifurcation stenting: choosing the right cell matters. *EuroIntervention*. 2012; 8: 205-213. <https://doi.org/10.4244/EIJV8I2A34>
10. Tyczynski P, Ferrante G, Kukreja N, et al. Optical coherence tomography assessment of a new dedicated bifurcation stent. *EuroIntervention*. 2009; 5: 544-551. <https://doi.org/10.4244/EIJV5I5A89>
11. Souteyrand G, Amabile N, Combaret N, et al. Invasive management without stents in selected acute coronary syndrome patients with a large thrombus burden: a prospective study of optical coherence tomography guided treatment decisions. *EuroIntervention*. 2015; 11: 895-904. [https://doi.org/10.4244/EIJY14M07\\_18](https://doi.org/10.4244/EIJY14M07_18)
12. Souteyrand G, Arbustini E, Motreff P, et al. Serial optical coherence tomography imaging of ACS-causing culprit plaques. *EuroIntervention*. 2015; 11: 319-324. <https://doi.org/10.4244/EIJV11I3A59>
13. Mustafina IA, Pavlov VN, Ishmetov VSh, et al. Identification of plaque morphology in acute coronary syndrome by optical coherence tomography. *Bashkortostan Medical Journal*. 2017; 12; 4(70): 27-32 [In Russ].
14. Allahwala UK, Cockburn JA, Shaw E, et al. Clinical utility of optical coherence tomography (OCT) in the optimisation of Absorb bioresorbable vascular scaffold deployment during percutaneous coronary intervention. *EuroIntervention*. 2015; 10: 1154-1159. <https://doi.org/10.4244/EIJV10I10A190>
15. Shugushev ZK, Maksimkin DA, Vorob'eva YuS, et al. Results of biodegradable vascular endoprotheses implantation in ischemic heart disease patients with type 2 diabetes. *Russian Journal of Cardiology*. 2016; 9(137): 19-24 [In Russ]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2016-9-19-24>
16. Räber L, Radu MD. Optimising cardiovascular outcomes using optical coherence tomography-guided per-

cutaneous coronary interventions. *EuroIntervention*. 2012; 8: 765-771.

<https://doi.org/10.4244/EIJV8I7A118>

17. Tanigawa J, Barlis P, Dimopoulos K, et al. Optical coherence tomography to assess malapposition in overlapping drug-eluting stents. *EuroIntervention*. 2008; 3(5): 580-583.

<https://doi.org/10.4244/EIJV3I5A104>

18. Radu M, Jørgensen E, Kelbæk H, et al. Optical coherence tomography at follow-up after percutaneous coronary intervention: relationship between procedural dissections, stent strut malapposition and stent healing. *EuroIntervention*. 2011; 7: 353-361.

<https://doi.org/10.4244/EIJV7I3A60>

19. Trusov IS, Nifontov EM, Biryukov AV, et al. The use of optical coherence tomography imaging of the vascular wall of the coronary arteries before and after stenting. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2019; 18(1): 77-85 [In Russ].

<https://doi.org/10.24884/1682-6655-2019-18-1-77-85>

20. Demin VV, Galin PYu, Demin DV, et al. The compar-

ison of intravascular ultrasound guided and angiography guided implantation of drug-eluting stents: The randomized trial ORENBURG. Part 1: Study design, direct clinical results. *Diagnostic & Interventional Radiology*. 2015; 9(3): 31-43 [In Russ].

21. Demin VV, Murzajkina MM, Galin PYu, et al. Comparison between implantation of drug-eluting stents under control of intravascular ultrasound and angiography: The randomized trial ORENBURG. Part 2: The data of angiography and intravascular methods of visualization. *Diagnostic & Interventional Radiology*. 2016; 10(2): 31-47 [In Russ].

22. Demin VV, Gusev SD, Murzajkina MM, et al. Immediate and early results of a clinical trial comparing different strategies of drug-eluting stents implantation under IVUS and angiographic guidance. *International Journal of Interventional Cardioangiology*. 2016; 44: 49-59 [In Russ].

23. Demin VV, Demin AV, Demin DV, et al. The drug-eluting balloons for coronary arterial restenosis: 7-year experience. *International Journal of Interventional Cardioangiology*. 2016; 44: 59-71 [In Russ].

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**ДЕМИН ВИКТОР ВЛАДИМИРОВИЧ [ORCID: 0000-0002-4541-8078]**

д.м.н., заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГАУЗ «Оренбургская областная клиническая больница» профессор Кафедры клинической медицины Института профессионального образования ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» МЗ РФ

**ДЕМИН ДЕНИС ВИКТОРОВИЧ [ORCID: 0000-0002-8673-6320]**

врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГАУЗ «Оренбургская областная клиническая больница»

**СЕРОШТАНОВ ЕВГЕНИЙ ВИКТОРОВИЧ [ORCID: 0000-0003-2184-2779]**

врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГАУЗ «Оренбургская областная клиническая больница»

**ПОЛЯКОВА ОЛЬГА МИХАЙЛОВНА [ORCID: 0000-0002-4039-2841]**

к.м.н., ассистент Кафедры клинической медицины Института профессионального образования ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» МЗ РФ

**КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР: ДЕМИН ВИКТОР ВЛАДИМИРОВИЧ**

e-mail: angiorend@mail.ru

Оренбург, ул. Аксакова, 23, 460018

#### **Конфликт интересов, информация о клинической базе и финансировании**

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Работа выполнена в отделении рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГАУЗ «Оренбургская областная клиническая больница», где оптическая когерентная томография применяется в течение 10 лет и насчитывает опыт более 3500 исследований.