

## Оптическая когерентная томографии в оценке состояния коронарных стентов

Д.А. Асадов\*, О.Е. Сухоруков, Д.С. Куртасов, И.А. Ковальчук, А.Н. Рогатова  
ГБУЗ "Научно-практический центр интервенционной кардиоангиологии ДЗ г. Москвы",  
Москва, Россия

Ангиографическая визуализация контуров сосудов на сегодняшний день является "золотым стандартом" в оценке состояния сосудистой стенки как первично, так и в стентированных сегментах. Однако зачастую оценка степени эндотелизации в просвете стентированного сегмента не всегда является полной по причине двумерности рентгена. Существующие методы внутрисосудистой визуализации, в особенности оптическая когерентная томография, позволяют максимально точно и достоверно оценить стентированный сегмент. Задачей данного исследования явилась оценка возможностей оптической когерентной томографии при исследовании состояния коронарных стентов в средне-отдаленный период после имплантации.

**Ключевые слова:** внутрисосудистая визуализация, оптическая когерентная томография, стентирование коронарных артерий.

На сегодняшний день рентгенэндоваскулярные методы диагностики и лечения в кардиологии располагают большими достижениями не только в коррекции технически сложных поражений, но и в высокоточной морфологической внутрисосудистой диагностике. Коронарная ангиография (КАГ) является "золотым стандартом" визуализации сосудов в интервенционной кардиологии. Однако эта техника ограничена двумерным представлением силуэта просвета и не всегда дает точную информацию о результатах ангиопластики и стентирования коронарных артерий (1). Среди наиболее распространенных методов внутрисосудистой визуализации лидирующие позиции занимают внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) и оптическая когерентная томография (ОКТ). Несмотря на то что оба этих метода применяются в интервенционной кардиологии с одной целью, каждый из них имеет ряд принципиальных недостатков, не позволяющих использовать их взаимозаменяемо.

К факторам, ограничивающим применение ВСУЗИ, относятся: малый диаметр сосуда (<2,25 мм), дистальный характер пора-

жения, извитость сосуда, а также измененный венозный шунт. К существенным недостаткам метода относятся: плохая визуализация деталей интимы и внутрипросветных структур (тромбы, флотирующие диссекции), фиброзной капсулы атеросклеротической бляшки, невозможность оценить характер пролиферации неоинтимы внутри стента, а также довольно длительное накопление опыта в адекватной интерпретации полученных изображений (2, 3). Тем не менее ВСУЗИ жизнеспособный метод визуализации, не требующий дополнительного введения контрастного вещества (актуально у пациентов с проблемными почками), а также более точный в тех зонах, где не может быть получена адекватная оптическая однородность вследствие вихревого потока и быстрого тока крови (устье ствола и правой коронарной артерии (ПКА)) (4). Физические аспекты и ограничения методов представлены в табл. 1.

В физике когерентностью света называется согласованность нескольких световых волн во времени, проявляющаяся при их осложнении. В основе действия ОКТ лежит измерение времени задержки светового луча, отраженного от исследуемой ткани. Внутрисосудистая ОКТ требует одного волоконно-оптического провода, который излучает свет и записывает данные. Широкополосный сверхяркий светодиод "освещает" окружающие ткани, а центральный процессор измеряет время задержки отраженного от ткани сигнала и обрабатывает его с помощью сложного математического алгоритма. Именно эта согласованность нескольких

\* Адрес для переписки:

Асадов Джамиль Арифович  
ГБУЗ "Научно-практический центр  
интервенционной кардиоангиологии ДЗ г. Москвы"  
Москва, 101000, Россия, Сверчков переулок, д. 5  
E-mail : asadov\_djamil@mail.ru  
Статья получена 16 июня 2014 г.  
Принята к публикации 7 июля 2014 г.

**Таблица 1.** Физические аспекты и ограничения методов

Показатель	ВСУЗИ	ОКТ
Частота кадров, fps	30	100–200
Диаметр датчика, мм	0,7	0,4
Скорость трaкции, мм/с	1	20–40
Длина волны, мкм	35–80	1,3
Аксиальное разрешение, мкм	150	10–15
Боковое разрешение, мкм	250	40–90
Глубина проникновения, мм	7	2–3
Размер катетера, мм	1	0,8
Введение контрастного вещества	–	+

световых волн, поступающих от датчика на ткани и отраженных от тканей на контрольное зеркало оптического волокна, и является физической интерференцией света.

Используя эту длину волны, глубина проникновения в ткани ограничивается от 1 до 3 мм (по сравнению с 4 до 8 мм, достигнутого ВСУЗИ), а максимальный диаметр просмотера до 6,8 мм. ОКТ может выполняться в сосудах диаметром от 2,0 до 3,75 мм (1, 5).

Поскольку предметом изучения является именно возможность точной и адекватной оценки пролиферации в стентированных сегментах коронарных артерий, следует обратить внимание на исследование группы авторов во главе с N. Gutierrez, которые оценили результаты стентирования у 6 пациентов, имеющих оптимальные ангиографические результаты. В изображениях, полученных с помощью ОКТ, были выявлены тонкая покрывка фиброатеромы, пролабирование ткани через ячейки стента, неполное прилегание стента к сосудистой стенке и тромб вокруг катетера. В результате ОКТ позволила обнаружить зоны субоптимальных результатов после чрескожного коронарного вмешательства, несмотря на оптимальное ангиографическое изображение (6).

В исследовании Z.H. Yao и соавт. (7) при ОКТ полная эндотелизация наблюдалась через 6 мес только в 18% (8 из 42) случаев. Кроме того, толщина ткани увеличилась с 6 до 12 мес (от  $42 \pm 28$  до  $88 \pm 32$  мкм). Другие исследования с использованием ОКТ продемонстрировали, что у 81% пациентов имелись распорки с неполной эндотелизацией ткани спустя два года после внедрения СЛП. Присутствие распорок без видимого освещения ткани было более частым в бифуркациях и при накладывании стентов (8).

Учитывая вариабельность данных литературы, современность, но малую распространенность ОКТ в клинической практике и ограниченность оценки морфологии про-

лиферации в стентированных сегментах *in vivo*, мы посчитали актуальным проведение нижепредставленного исследования в нашей клинической практике.

Целью исследования было определение возможностей ОКТ при оценке состояния коронарных стентов в 6-месячный срок после имплантации. В ГБУЗ “НПЦ кардиоангиологии ДЗ г. Москвы” с сентября 2011 г. по февраль 2012 г. 49 пациентам, включенным в исследование, был имплантирован 61 коронарный стент. В исследование были включены пациенты с впервые возникшей стабильной стенокардией, с наличием ангиографически выявленного одного стеноза коронарной артерии 75% и более. Из исследования были исключены пациенты с реканализированными хроническими окклюзиями, стенозами с признаками кальциноза, с острым коронарным синдромом и с заболеваниями почек, строго ограниченные в объеме вводимого контрастного вещества. Пациенты были разделены на 2 группы: с имплантированными стентами Xience V и Multi-link vision (MLV). Клинико-anamнестические данные пациентов представлены в табл. 2.

Имплантация стентов проводилась только под контролем ангиографии без применения методов внутрисосудистой визуализации на давлении, не ниже номинала, рекомендованного производителем. Ангиографически успешной имплантация признавалась по достижении полного раскрытия и адекватного позиционирования стентов, при отсутствии остаточного стеноза и признаков диссекции.

Ангиографически успешной имплантация признана у 49 (100%) пациентов. В группе со стентами Xience V 17 пациентам имплантировано по 1 стенту, 3 – по 2 стента и 2 – по 3 стента. 4 стента имплантированы с пересечением краев. В группе со стентами MLV 23 пациентам имплантировано по 1 стенту, 4 – по 2 стента и 1 пациенту установлено 3 стента. 2 стента имплантированы с пере-

**Таблица 2.** Клинико-anamnestические данные пациентов

Показатель	Xience V, n = 21	MLV, n = 28	p
Возраст, годы	60 ± 9,9	59 ± 9,1	> 0,05
Табакокурение, n (%)	10 (41)	13 (48)	> 0,05
Гипертоническая болезнь, n (%)	17 (74)	24 (79)	> 0,05
Холестерин > 5 ммоль/л, n (%)	10 (41)	9 (36)	> 0,05
Триглицериды > 1,7 ммоль/л, n (%)	8 (32)	8 (33)	> 0,05
Сахарный диабет, n (%)	4 (15)	6 (17)	> 0,05

**Таблица 3.** Размеры имплантированных стентов по диаметру

Диаметр, мм	Xience V, n = 29	MLV, n=34
2,5	4	6
2,75	7	5
3,0	11	14
3,5	7	9

**Таблица 4.** Размеры имплантированных стентов по длине

Длина, мм	Xience V, n = 29	MLV, n=34
≤15	11	10
15–23	12	15
≥ 23	7	9

сечением краев. Из 6 имплантированных с пересечением краев стентов 3 установлены в случаях диссекции, 3 стента – в связи с неполным покрытием бляшки.

В обеих группах наибольшее число стентов было диаметром 3 мм и длиной 15–23 мм. В связи со сложностью адекватного контрастирования в крупнокалиберных артериях мы не включили пациентов с имплантированными стентами диаметром 4,0 мм и более. Данные о размерах использованных стентов представлены в табл. 3, 4.

Всем пациентам была назначена стандартная общепринятая схема двойной дезагрегантной терапии с применением аспирина и клопидогреля.

Всем 49 пациентам выполнена контрольная КАГ и последующая ОКТ вне зависимости от ангиографических данных по состоянию стентов. Средний срок контрольного обследования составил 5,7±1,2 мес для стентов Xience V и 6,1 ± 1,4 мес для стентов MLV. До контрольного обследования 47 пациентов из 49 придерживались приема “аспирин + клопидогрель”. 2 пациента были доставлены с острым инфарктом миокарда на 25-е и 72-е сутки после имплантации.

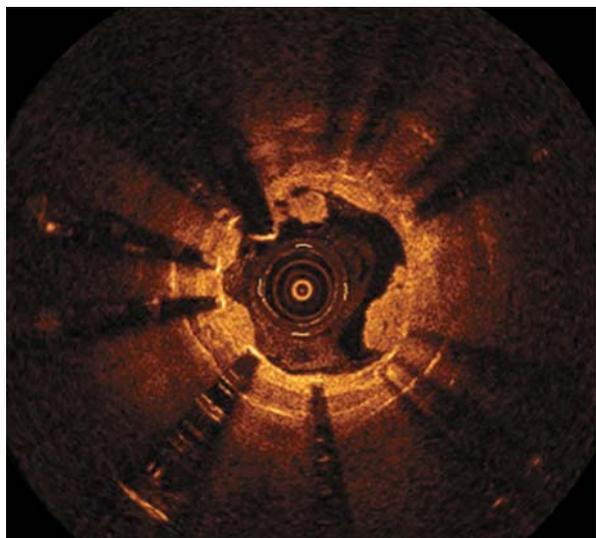
Контрольная КАГ и ОКТ выполнялись по стандартным методикам. Среднее время скопии составило 10,2 ± 1,7 мин, средний расход контрастного вещества – 180 ± 65 мл. ОКТ выполнялась на аппарате Light Lab St. Jude medical C7xR катетерами C7 Dragonfly. Интракоронарное введение контрастного вещества (Омнипак 350) осуществлялось с помощью автоматического инжектора по следующим протоколам: для левой коронарной артерии – объем 20 мл, скорость 5 мл/с; для ПКА – объем 15 мл, скорость 3 мл/с. Во всех случаях получено адекватное, легко интерпретируемое изображение. Расчет потери просвета в стентированном сегменте осуществлялся в трех участках: проксимальная и дистальная кромки стента, а также участок с наибольшей потерей просвета в стенке.

Ангиографически удовлетворительный результат получен в подавляющем большинстве случаев, при проведенной ОКТ полная эндотелизация отмечена в 62% стентов Xience V и 79% стентов MLV. Ангиографически выявленный рестеноз при использовании стентов Xience V и MLV был также подтвержден расчетными данными ОКТ. Отметим, что

**Таблица 5.** 6-месячные результаты стентирования по данным коронарографии и ОКТ

Показатель	Xience V, n = 29	MLV, n = 34
Удовлетворительный результат (ангиографически)	27 (93%)	29 (85%)
Полная эндотелизация	18 (62%)	27 (79%)
Рестеноз ≥70%	1 (3,5%)	3 (8,8%)
Неполное покрытие бляшки	1 (3,5%)	–
Неполное раскрытие стента	3 (10,3%)	2 (5,8%)
Тромбоз в стенке	–	2 (5,8%)
Повторное вмешательство (ТЛАП в стенке)	1 (3,5%)	6 (17,6%)*

\* В 1 случае два стента неплотно прилегали балками на краях.



**Рис 1.** Фибринсодержащий белый тромб в просвете стентированного участка (описание в тексте).

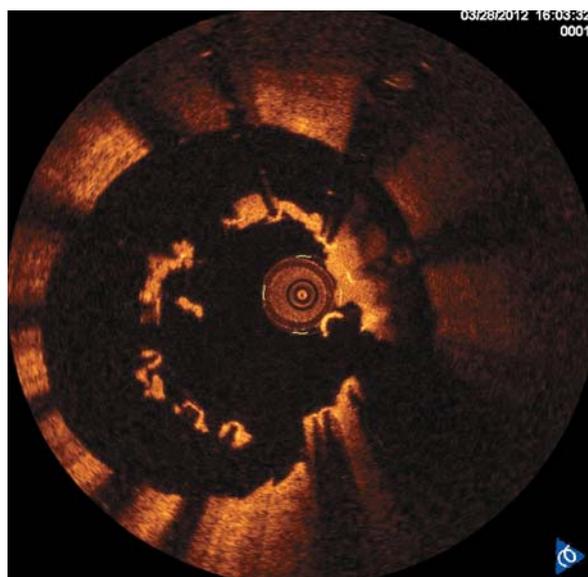
ангиографически не выявленных, но видимых на ОКТ гемодинамически значимых рестенозов, то есть расхождений по данным ОКТ и ангиографии, не выявлено. В 5 случаях при ангиографически удовлетворительном результате по данным ОКТ выявлено неполное раскрытие стента. В 2 случаях стентов MLV выявлен тромбоз стентов (табл. 5).

На рис. 1 представлен снимок ОКТ у пациента со стентом MLV, который самостоятельно прекратил прием дезагрегантных препаратов на 25-е сутки после имплантации. На снимке легко визуализируются балки стента, непокрытые неоинтимой, а также отмечаются фрагменты богатого тромбоцитами и фибрином белого тромба за счет однородного рассеивания отраженного света и низкой скорости рассеивания.

На рис. 2 представлен пример ангиографически удовлетворительного результата стентирования среднего сегмента (MLV 3,0 × 23) ПКА при контрольной КАГ (вверху) и неполное раскрытие стента по данным ОКТ с фрагментами тромбов (внизу) в том же сегменте.

Выполнена успешная баллонная ангиопластика.

Еще один интересный, на наш взгляд, снимок ОКТ у пациента с имплантированными двумя стентами с пересечением краев (по технологии overlapping). На снимке выведена томограмма участка перекреста двух стентов, на которой визуализируется полная эндотелизация балок стента. Обращает на себя внимание, что балки двух стентов “утоплены” в стенку сосуда на разную глубину (рис. 3).



**Рис 2.** Контрольная КАГ и ОКТ в стентированном сегменте ПКА (описание в тексте).



**Рис. 3.** Оптическая томограмма участка перекреста стентов.

ОКТ сегодня – это ключевой метод внутривидеоскопической визуализации, который в состоянии преодолеть некоторые ограничения ангиографии и внутривидеоскопического ультразвука. Высочайшее осевое разрешение предоставляет микроструктурную информацию о процессе заживления имплантированных стентов *in vivo* подобно гистологической экспертизе. Многие клинические ОКТ-исследования продемонстрировали потенциал метода в способности идентифицировать неполное прилегание стента после имплантации, достоверно визуализировать гиперплазию неоинтимы на распорках стента и многих других структур.

Таким образом, ОКТ является современным методом внутривидеоскопической визуализации с высоким разрешением, позволяющим с большой достоверностью и скоростью получать данные о состоянии стенки коронарных сосудов в стентированных сегментах. Проведение ОКТ позволяет более точно контролировать назначение и прием дезагрегантных препаратов путем сканирования неэндотелизированных участков стента, что может в будущем дать более определенные ответы на вопросы о сроках приема этих препаратов. Благодаря высокой разрешающей способности метод по сути является нативным коронарным микроскопом, позволяющим высокоточно отслеживать физиологию и патоморфологию процесса заживления после имплантации стентов. Рутинная ОКТ-контролируемая имплантация стентов позволит избежать таких технических погрешностей, как неполное покрытие бляшки и неполное прилегание балок стента к стенке сосуда, а также выявлять ангиографически неразличимые диссекции. Очевидно, что развитие техно-

логий внутривидеоскопической визуализации делает необходимым комплексное анатомо-гистологическое обоснование проведения эндоваскулярных вмешательств на коронарных артериях.

### Список литературы

1. Prati F., Regar E., Gary Mintz S. et al. Imaging of atherosclerosis: optical coherence tomography (OCT). Expert review document on methodology, terminology, and clinical applications of optical coherence tomography: physical principles, methodology of image acquisition, and clinical application for assessment of coronary arteries and atherosclerosis. *Eur. Heart J.* 2010, 31, 401–415.
2. Capodanno D., Prati F., Pawlowsky T. et al. Comparison of optical coherence tomography and intravascular ultrasound for the assessment of in-stent tissue coverage after stent implantation. *Eurointervention.* 2009, 5, 538–543.
3. Gonzalo N., Soest G., Goderie M. et al. Imaging atherosclerotic plaque composition with intracoronary optical coherence tomography. *Netherlands Heart J.* 2009, 17(11).
4. Wakabayashi K., Lindsay J., Laynez-Carnicero A. et al. Utility for Intravascular ultrasound guidans in patients undergoing percutaneous coronary intervention for type C lesions. *J. Interv. Cardiol.* 2012, 25, 452–459.
5. Kato K., Yonetsu T., Kim S.J. et al. Nonculprit plaques in patients with acute coronary syndromes have more vulnerable features compared with those with non-acute coronary syndromes : a 3-vessel optical coherence tomography study. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2012, 5, 433–440.
6. Gutierrez H. et al. Optical coherence tomography: Initial experience in patients undergoing percutaneous coronary intervention. *Rev. Esp. Cardiol.* 2008, 61 (9), 976–979.
7. Yao Z., Matsubara T., Inada T. et al. Neointimal coverage of sirolimus-eluting stents 6 months and 12 months after implantation: evaluation by optical coherence tomography. *Chin. Med. J. (Engl.)*. 2008, 121, 503–507.
8. Takano M., Yamamoto M., Inami S. et al. Long-term follow-up evaluation after sirolimus-eluting stent implantation by optical coherence tomography: downcovered struts persist. *J. Am. Cardiol.* 2008, 51 (9), 968–969.