

УДК [616.132.2:615.472.5]-073.756.8

DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-1-77-85

И. С. ТРУСОВ, Е. М. НИФОНТОВ, А. В. БИРЮКОВ,
Р. Д. ИВАНЧЕНКО, Е. И. МЕЛИОРАНСКАЯ,
В. В. ДОБРОВОЛЬСКИЙ, Т. В. ГУЛЯЕВА, О. Э. ИВЛЕВА

Применение оптической когерентной томографии в визуализации сосудистой стенки коронарных артерий до и после стентирования

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8
e-mail: trus-medic@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 11.01.19; принята к печати 08.02.19

Резюме

Введение. Оптическая когерентная томография (ОКТ) – метод внутрисосудистой визуализации, который позволяет оценить структуру сосудистой стенки, а также контролировать процесс установки и заживления стента.

Цель – выявить факторы, влияющие на неоинтимальное сосудистое заживление после имплантации стентов с лекарственным покрытием.

Материал и методы. 35 пациентам с острым коронарным синдромом без элевации ST были установлены эверо-лимус-содержащие стенты с постоянным и биодеградируемым полимером. Через 6 месяцев пациентам выполнена контрольная коронарография вместе с ОКТ, проанализировано состояние неоинтимы ранее имплантированных стентов. Оценивались клинические, анамнестические и лабораторные показатели.

Результаты. Проанализировано 28 750 страт стентов, рассчитан показатель индекса заживления. Индекс заживления зависел от возраста пациента ($r=0,60710$; $p=0,0003$), наличия в анамнезе сахарного диабета ($p=0,0477$), текущего инфаркта миокарда ($p=0,0183$) и степени поражения коронарных артерий ($p=0,0355$). Индекс заживления достоверно ниже у пациентов со значением Syntax score <22 ($p=0,004$).

Выводы. Основными факторами, ухудшающими неоинтимальное заживление, являются возраст, наличие диабета, характер поражения коронарного русла, что может повлиять на длительность антиагрегантной терапии.

Ключевые слова: коронарные артерии, стенты, оптическая когерентная томография, индекс заживления, потеря просвета, Syntax

Для цитирования: Трусов И. С., Нифонтов Е. М., Бирюков А. В., Иванченко Р. Д., Мелиоранская Е. И., Добровольский В. В., Гуляева Т. В., Ивлева О. Э. Применение оптической когерентной томографии в визуализации сосудистой стенки коронарных артерий до и после стентирования. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2018;18(1):77–85. Doi: 10.24884/1682-6655-2019-18-1-77-85

UDC [616.132.2:615.472.5]-073.756.8

DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-1-77-85

I. S. TRUSOV, E. M. NIFONTOV, A. V. BIRYUKOV,
R. D. IVANCHENKO, E. I. MELIORANSKAIA,
V. V. DOBROVOLSKIY, T. V. GULYAEVA, O. E. IVLEVA

The use of optical coherence tomography imaging of the vascular wall of the coronary arteries before and after stenting

Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Russia, Saint-Petersburg
197022, Russia, Saint-Petersburg, L'va Tolstogo street, 6-8
e-mail: trus-medic@rambler.ru

Received 11.01.19; accepted 08.02.19

Summary

Introduction. Optical coherence tomography (OCT) is an intravascular imaging method that allows to evaluate the structure of the vascular wall, as well as to monitor the process of stent installation and healing.

The aim of this work was to identify factors affecting neointimal vascular healing after implantation of drug-eluting stents.

Material and methods. In 35 patients with acute coronary syndrome without ST elevation, everolimus-eluted stents with permanent and biodegradable polymer were installed. After 6 months patients underwent control coronary angiography with OCT, the state of neointima of previously implanted stents was analyzed. Clinical, anamnestic and laboratory parameters were evaluated.

Results. 28750 struts of stents were analyzed and the healing score was calculated. The healing score depended on the patient's age ($r=0.60710$, $p=0.0003$), a history of diabetes mellitus ($p=0.0477$), current myocardial infarction ($p=0.0183$), and the degree of coronary artery disease ($p=0.0355$). The healing score was significantly lower in patients with a Syntax score <22 ($p=0.004$).

Conclusion. The results of the research showed that main factors that impair neointimal healing are age, the presence of diabetes, the characteristics of the lesion of the coronary arteries; they may affect the duration of dual antiplatelet therapy.

Keywords: coronary arteries, stents, optical coherence tomography, healing score, lumen loss, Syntax score

For citation: Trusov I. S., Nifontov E. M., Biryukov A. V., Ivanchenko R. D., Melioranskaia E. I., Dobrovolskiy V. V., Gulyaeva T. V., Ivleva O. E. The use of optical coherence tomography imaging of the vascular wall of the coronary arteries before and after stenting. Regional hemodynamics and microcirculation. 2019;18(1):77–85. Doi: 10.24884/1682-6655-2019-18-1-77-85

Введение

Болезни системы кровообращения в настоящий момент времени являются ведущей причиной инвалидности и смертности населения России и Европы [1]. Наибольший вклад вносит смертность от ишемической болезни сердца, в том числе от инфаркта миокарда. За последние 5 лет отмечается значимое снижение данного показателя в динамике, что, с одной стороны, связано с рядом организационных решений, а с другой – ассоциировано с активным внедрением в клиническую практику современных методов реваскуляризации миокарда [2]. Ведущим методом диагностики патологии коронарных артерий является инвазивная коронароангиография. Данный метод позволяет оценить проходимость артерий, выявить характер и степень поражения коронарного русла. Однако данный метод имеет определенный ряд ограничений. При выполнении коронарографии оператор получает двухмерное изображение, не позволяющее точно оценить степень стеноза коронарных артерий, и лишь при использовании нескольких проекций удастся получить адекватное представление об особенностях атеросклеротического поражения.

Одним из методов внутрисосудистой визуализации, позволяющим более точно оценить характер изменений сосудов, является оптическая когерентная томография (ОКТ).

Оптическая когерентная томография – метод светооптической визуализации сосудистой стенки со сверхвысокой разрешающей способностью (порядка 10–20 мкм), основанный на изменении времени задержки отраженного светового сигнала в инфракрасном диапазоне [3].

В основе метода лежит принцип интерференции двух лучей инфракрасного диапазона с длиной волны около 1,3 мкм. Источник света излучает два луча определенной длины волны, один из которых поступает на контрольное зеркало оптического волокна, а другой – в исследуемые ткани, где происходит его рассеивание, поглощение и отражение, что приводит к изменению светооптических характеристик отраженного сигнала, фиксируемое детектором. Интенсивность сигнала и время задержки отраженного света зависят от свойств тканей, что позволяет при построении изображения получить точные характеристики исследуемого сосуда. Количество обратнорассеянного света и, следова-

тельно, интенсивность ОКТ-изображения зависят от величины разности показателей преломления тканей. Для больших плоских структур с большими размерами по сравнению с длиной волны света, таких как страты стента, количество отраженного света выше, когда объект перпендикулярен направлению оптического луча. Интерференционная картина анализируется системой ОКТ, определяется величина обратного рассеяния как функции времени задержки или глубины в ткани (А-линия). Изображение ОКТ в поперечном сечении получают путем записи А-линий, когда луч анализируется по образцу путем вращения оптики в катетере. Проникающая способность такого луча обычно составляет от 4 до 6 мм, таким образом, при анализе среза можно получить изображение от 8 до 12 мм в диаметре [5].

Данный метод имеет определенные ограничения, связанные с физическими основами метода. Форменные элементы крови в просвете сосуда отражают инфракрасный сигнал, значимо уменьшая разрешение и проникающую способность светового луча. С целью улучшения качества изображения во время съемки в просвет сосуда вводятся либо рентгеноконтрастный препарат, либо физиологический раствор, основная цель которого – вытеснить форменные элементы крови и уменьшить количество артефактов при получении изображения.

Таким образом, ОКТ позволяет получить изображения высокого разрешения, сравнимые с результатами гистологического исследования сосудов [4].

Оптическая когерентная томография в визуализации стенки сосуда

Нормальная стенка сосуда характеризуется многоуровневым строением, включающим в себя тонкую интиму с высоким обратным рассеянием или интенсивным сигналом, медию, которая часто имеет низкое обратное рассеяние или слабый световой сигнал, и гетерогенную и часто далеко распространяющуюся адвентицию. Периадвентициальные ткани могут содержать ОКТ-признаки адипоцитов, характеризующиеся большими четкими структурами, напоминающими клетки и/или сосуды. При ОКТ внутренняя эластичная мембрана определяется как граница между интимой и медией, а внешняя эластичная мембрана определяется как граница между медией и адвентицией. Иногда эти

мембраны могут быть визуализированы как тонкие структуры с сильным обратным рассеянием, граничащие с зоной перехода «интима – медиа» или «медиа – адвентиция» соответственно (рис. 1).

Атеросклеротическая бляшка определяется как массовое поражение (очаговое утолщение) при потере слоистой структуры стенки сосуда. Для некоторых бляшек могут быть идентифицированы адвентиция, наружная пластинка, глубокий край интимы и/или внутренняя пластинка, тогда как для других эти структуры могут не быть видны из-за ослабления света тканью бляшки.

Фиброзная бляшка имеет высокое обратное рассеяние и относительно однородный сигнал ОКТ. Иногда ограниченная глубина проникновения инфракрасного луча не позволяет точно определить участки с низким уровнем сигнала, возможно, представляющие некротическое ядро или кальций за фиброзной тканью. ОКТ-визуализированные фиброзные бляшки могут состоять из коллагена или клеток гладких мышц. Хотя известно, что протеогликан и коллаген типа III имеют более низкую интенсивность сигнала ОКТ, связь между сигналом ОКТ и количеством коллагена типа III и протеогликана точно не установлена (рис. 2).

Некротическое ядро бляшки, по данным ОКТ, представляет собой область с низким уровнем сигнала в атеросклеротической бляшке с плохо очерченными границами, быстрым падением сигнала и незначительным обратным рассеянием ОКТ-сигнала (или без него) в пределах поражения, которое покрыто фиброзной покрывкой. Некротическое ядро также может содержать ОКТ-признаки кристаллов холестерина. Фиброатерома, как следует из предшествующего описания, представляет собой поражение с ОКТ-очерченной фиброзной покрывкой и некротическим ядром.

Тромб по данным ОКТ выглядит как масса, прикрепленная к поверхности стенки сосуда или нахо-

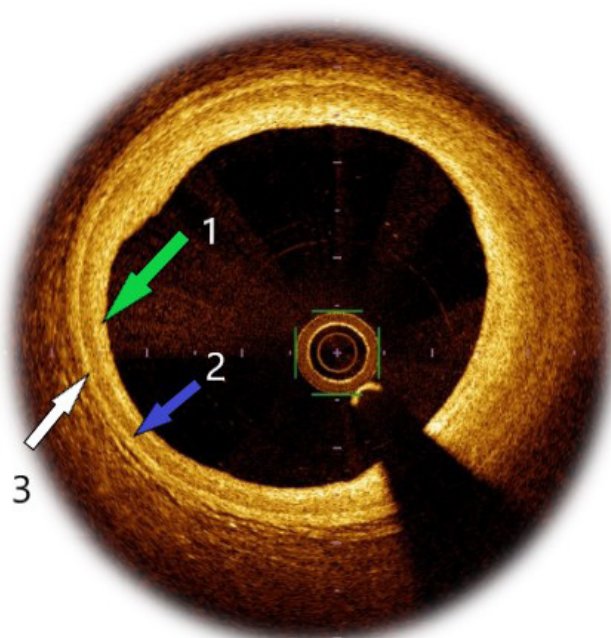


Рис. 1. ОКТ-изображение сосудистой стенки в норме. Цифрами обозначаются слои сосудистой стенки: 1 – интима; 2 – медиа; 3 – адвентиция

Fig. 1. OCT image of the normal vascular wall.

Numbers indicate layers of the vascular wall: 1 – intima; 2 – media; 3 – adventitia

дящаяся в просвете. ОКТ способна различать 2 типа тромба: красный (богатый эритроцитами), который сильно рассеивает свет и имеет высокую степень затухания сигнала (напоминает кровь) (рис. 3, а), и белый (богатый тромбоцитами), который меньше рассеивает сигнал, является однородным и имеет низкую степень затухания (рис. 3, б). Маленький тромб может быть перепутан с небольшим рассечением или нарушением целостности интимы. Тромб может закрыть или затенить основные структуры.

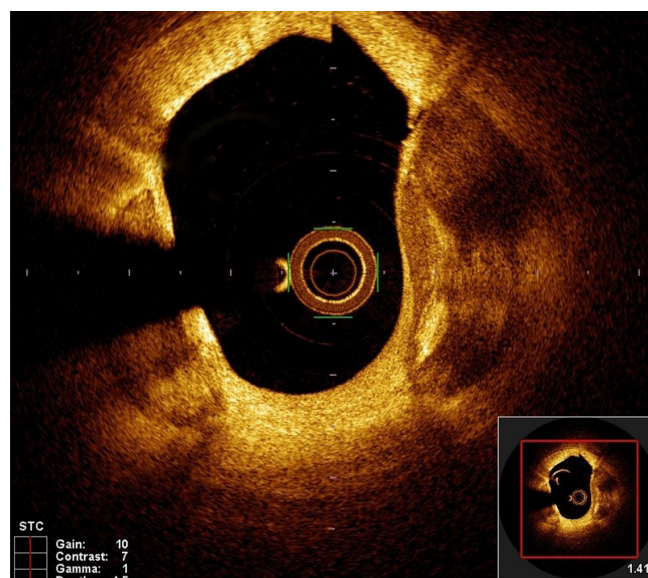
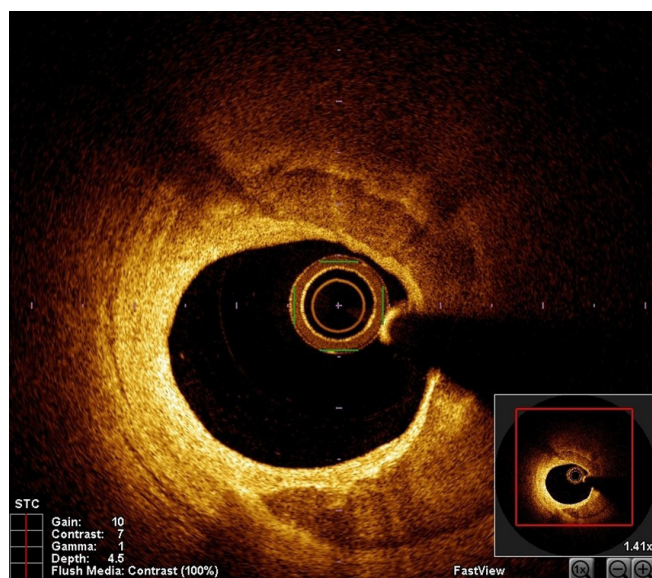


Рис. 2. ОКТ-изображения атеросклеротических бляшек.

Слева – атеросклеротическая бляшка с большим количеством липидов и толстой покрывкой. Справа – «зеркальные» атеросклеротические бляшки гетерогенной структуры, содержащие локальные депозиты кальция, с истонченной покрывкой

Fig. 2. OCT images of atherosclerotic plaques.

Left – atherosclerotic plaque with a large number of lipids and a thick tire. Right – «mirror» atherosclerotic plaques of a heterogeneous structure containing local calcium deposits, with a thinned tire

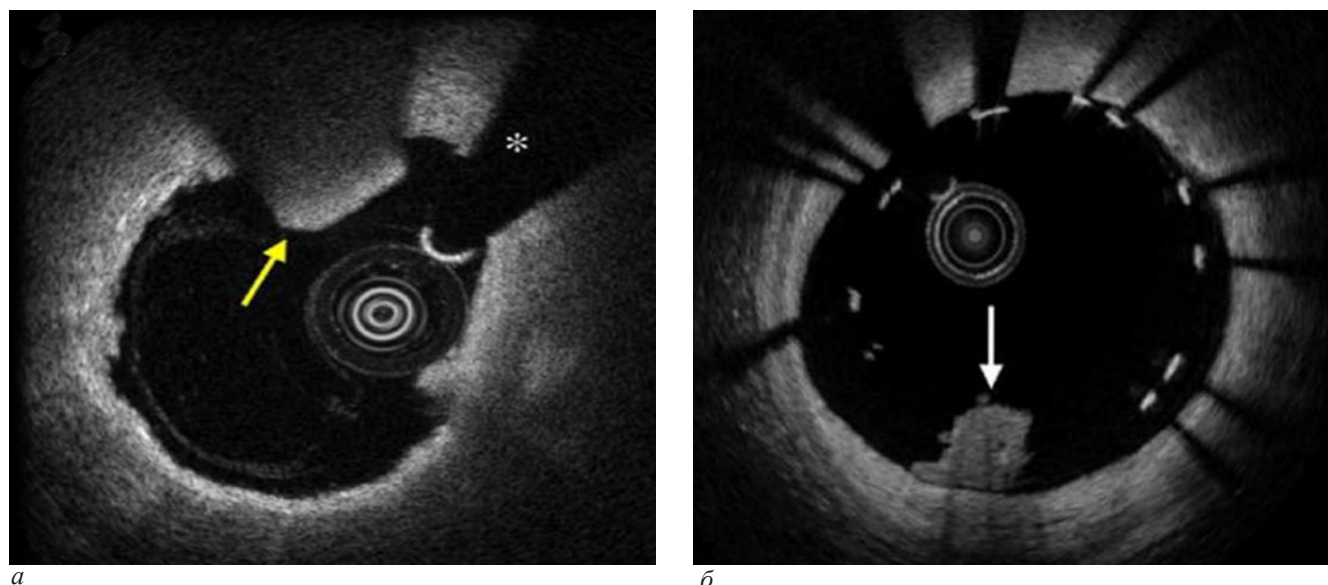


Рис. 3. ОКТ-изображение тромба в просвете сосуда [5]:

a – «красный тромб», имеющий высокую степень рассеивания луча с формированием оптической «тени», скрывающей структуры позади тромба; *б* – стрелкой показан «белый тромб», высокой оптической плотности с высокой отражающей способностью

Fig. 3. OCT image of a thrombus in the vessel lumen [5]:

a – «red thrombus», which has a high degree of dispersion of the beam with the formation of an optical «shadow» that hides the structures behind the thrombus; *b* – the arrow shows a «white thrombus», high optical density with a high reflectivity

Оптическая когерентная томография при стентировании коронарных артерий

В ряде клинических случаев ангиографического контроля имплантации стентов недостаточно для правильной установки и полного раскрытия стента. Частыми техническими проблемами, которые в дальнейшем приводят к рестенозу или тромбозу стента, являются мальпозиция ячеек или страт стента и их неполное прилегание к стенке сосуда, что важно при эндоваскулярном лечении стволового поражения и крупных ветвей коронарных артерий. При бифуркационном стентировании страта стента может перекрыть боковую ветвь и привести к нарушению кровенаполнения бассейна данной боковой ветви и рецидиву симптомов ишемии. В исследовании ILUMIEN II [6] показано, что ОКТ-контроль при установке стента не уступает внутрисосудистому ультразвуковому исследованию (ВСУЗИ) и может быть использован для уменьшения риска развития технических проблем имплантации стента. Данное положение нашло свое отражение в рекомендациях по реваскуляризации миокарда Европейского общества кардиологов 2018 г. [7], в которых указано, что ВСУЗИ или ОКТ может быть использовано у некоторых пациентов с целью оптимизации установки стента (класс доказательности Па, уровень доказательности В). Таким образом, ВСУЗИ и/или ОКТ может быть использовано с целью обнаружения механических проблем, связанных со стентированием, в последующем ведущих к рестенозу.

Оптическая когерентная томография после имплантации стента

Рядом наблюдательных исследований показано, что ОКТ возможно и безопасно применять при оценке нарушения проходимости стента из-за тромбоза или рестеноза [8]. В настоящее время для реваску-

ляризации коронарных артерий рекомендовано применять стенты с лекарственным покрытием, что, с одной стороны, замедляет избыточную пролиферацию гладкомышечных клеток и разрастание неоинтимы, но, с другой, замедляет нормальное заживление сосудистой стенки, что может приводить к развитию поздних и очень поздних коронарных тромбозов. Во многом данные факторы зависят от характеристик стентов, особенностей полимерного покрытия страт стента и вариантов лекарственного вещества. Для оценки степени формирования неоинтимы используется понятие «индекс заживления» (Neointimal Healing Score), который является расчетным показателем и зависит от количества непокрытых страт, мальпозированных страт, наличия внутрипросветных (тромботических) дефектов в зоне имплантированного стента, а также степени поздней потери просвета (рис. 4). Для расчета индекса заживления используется следующая формула [9]:

$$\text{Индекс заживления} = [\%ВД \cdot 4] + [\%МН \cdot 3] + [\%Н \cdot 2] + [\%МП],$$

где %ВД – процент внутрипросветных дефектов наложения; %МН – процент мальпозированных непокрытых страт; %Н – процент непокрытых страт, прилежащих к сосудистой стенке; %МП – процент мальпозированных покрытых страт. Иногда для расчета используется модифицированный «индекс заживления», вычисляемый по формуле:

$$\text{Модифицированный индекс заживления} = [\%ВД \cdot 4] + [\%МН \cdot 3] + [\%Н \cdot 2] + [\%МП] + [\%ПП - 30 \%,]$$

где %ПП – максимальная степень потери просвета, или сужения просвета сосуда после стентирования. Если %ПП меньше 30, значение данного параметра равно 0. Чем больше непокрытых и мальпозированных страт в стенте, тем выше значение индекса заживления.

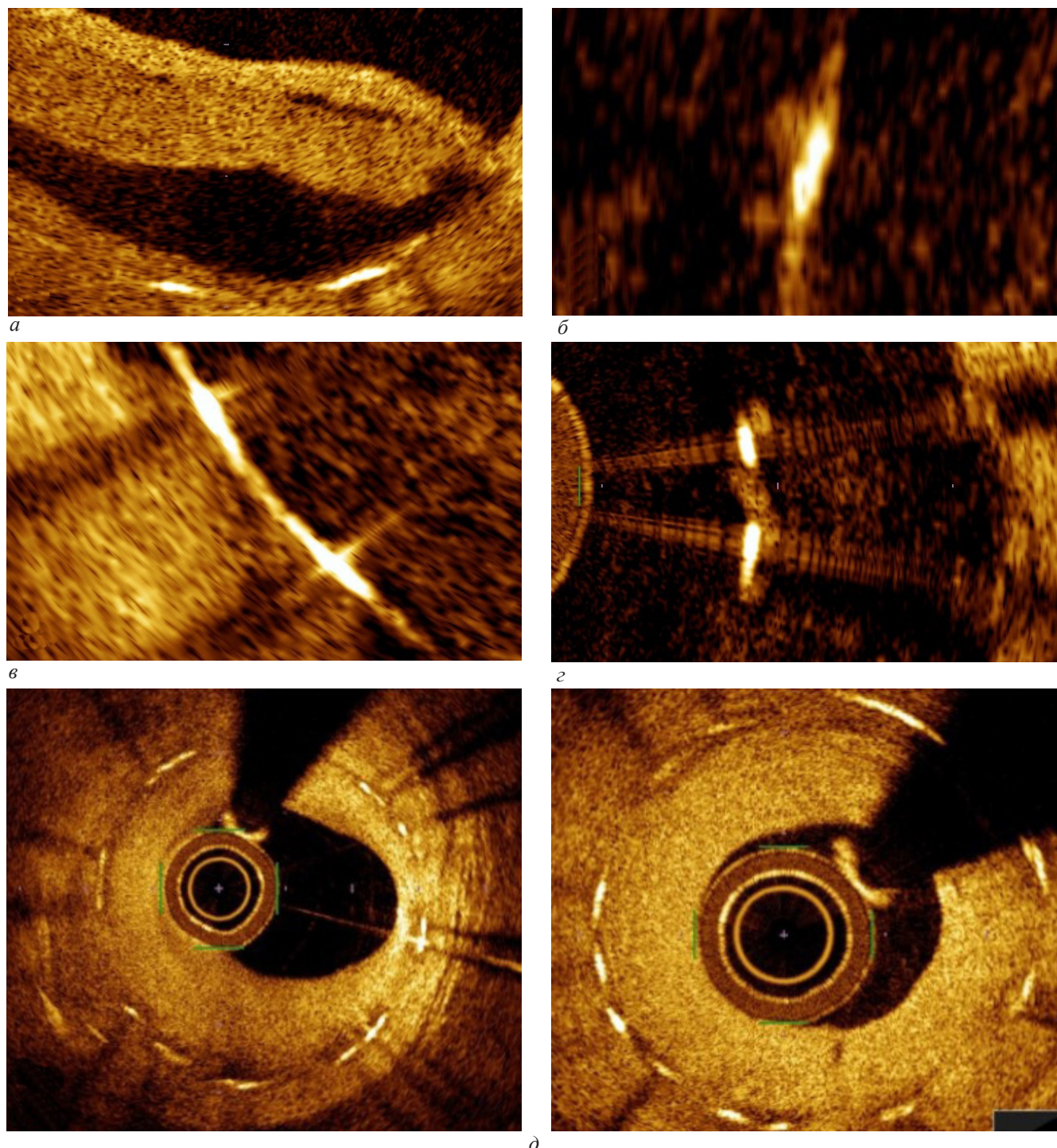


Рис. 4. Оценка Healing Score по данным оптической когерентной томографии:

a – наличие внутрисосудистых масс: 4 пункта; *б* – непокрытые мальпозированные страты: 3 пункта; *в* – непокрытые страты: 2 пункта; *г* – мальпозированные покрытые страты: 1 пункт; *д* – гиперплазия неоинтимы: 1 пункт

Fig. 4. Evaluation of Healing Score under optical coherent tomography data:

a – presence of intraluminal masses: 4 points; *б* – uncovered malposed struts: 3 points; *в* – uncovered struts: 2 points; *г* – malposed covered struts: 1 point; *д* – neointimal hyperplasia: 1 point

Известно, что наличие более чем 30 % непокрытых страт в стенте увеличивает риск развития позднего коронарного тромбоза в 9 раз [10]. Мальпозированные страты и недораскрытие стента также являются значимыми при развитии позднего тромбоза [11]. Таким образом, показатель индекса сосудистого заживления может стать предиктором развития данного грозного осложнения. Факторы, которые влияют на показатель индекса заживления, требуют тщательного изучения.

Материал и методы исследования

В исследование были включены 35 пациентов от 35 до 80 лет, поступивших в клинику в связи с развитием острого коронарного синдрома без подъема сегмента ST, которым выполнялось стентирование коронарных артерий эверолимус-содержащим стентом с постоянным полимером (Promus Premier, *Boston Scientific*) или биодеградируемым полимером (Synergy, *Boston Scientific*), принимавшие двойную антиагрегантную терапию

Таблица 1

Клинико-демографические показатели пациентов

Table 1

Clinical and demographic indicators of patients

Показатель	Значение
Возраст, лет	60,45±10,03
Мужской пол, %	67,65
Сахарный диабет, %	32,35
Дни от момента стентирования до ОКТ	196±85
Курение, %	62,5
Терапия Аспирин+Клопидогрел, %	69
Артериальная гипертензия в анамнезе, %	91,18
Острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе, %	8,82
Развитие инфаркта миокарда за время госпитализации, %	11,76

Аспирин+Клопидогрел или Аспирин+Тикагрелор. ОКТ- или ВСУЗИ-контроль во время имплантации стента не выполнялся. В исследование не включали пациентов с известными ранее онкологическими или системными воспалительными заболеваниями, перенесенными воспалительными заболеваниями миокарда, пациентов с проявлениями тяжелой острой сердечной недостаточности (Killip III или IV) или хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса (менее 35 %), а также пациентов с тяжелой почечной или печеночной недостаточностью. Всем пациентам назначали максимально переносимую антиангинальную и гиполипидемическую терапию, в дальнейшем через 6 месяцев наблюдения пациентам выполняли контрольную коронароангиографию и ОКТ ранее стентированного сосуда на аппарате Terumo Lunawave с использованием катетеров FastView, а также оценку основных клинико-лабораторных показателей, включающих в себя клинический и биохимический анализ крови, коагулограмму, анализ липидного спектра. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программного обеспечения SAS 9.4, SAS Enterprise Guide 6.1. Протокол исследования был одобрен Этическим комитетом Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова. До включения в исследование от всех участников было получено письменное информированное согласие.

Результаты исследования и их обсуждение

Основные клинико-демографические характеристики групп приведены в табл. 1. Основу популяции составляли мужчины, средний возраст – порядка 60 лет, что совпадает со средними демографическими показателями пациентов по данным регистра острого коронарного синдрома. Большая часть пациентов имели в анамнезе гипертоническую болезнь (91,18 %). Среди всех пациентов с острым коронарным синдромом развитие инфаркта миокарда наблюдалось в 11,76 % случаев. Большая часть пациентов получали комбинацию Аспирин+Клопидогрел (около 70 %).

При оценке состояния стентов проанализировано 28 750 страт, которые были разделены на группы: покрытые страты; непокрытые страты, прилежащие к стенке сосуда; покрытые мальпозированные страты; непокрытые мальпозированные страты, а также проведена оценка индекса заживления.

Показатель индекса заживления составил (15,04±15,34) (от 0 до 55,78), основной вклад в значение данного показателя вносит процент непокрытых страт, который составил в среднем (4,36±4,48) % (от 0 до 18,69 %), что говорит о недостаточной степени заживления через 6 месяцев после стентирования, сохраняющемся риске развития позднего коронарного тромбоза.

Особый интерес представляет зависимость индекса заживления от клинико-анамнестических показателей (табл. 2). По данным корреляционного анализа, наибольшее влияние на показатель индекса

Таблица 2

Зависимость индекса заживления от лабораторных показателей

Table 2

The dependence of the healing score from laboratory parameters

Показатель	Коэффициент корреляции Пирсона	Достоверность (p)
Возраст обследуемого	0,60710	0,0003
Липопротеины низкой плотности, ммоль/л	–0,43076	0,0175
Коэффициент атерогенности	–0,37166	0,0431
Глюкоза крови, ммоль/л	0,38177	0,0311

заживления оказывал возраст больных. Показатели липидного обмена пациентов на момент возникновения коронарного события также влияют на «индекс заживления» стента, наибольшее влияние оказывают липопротеиды низкой плотности. С точки зрения разрастания неоинтимы, это имеет положительное значение на ранних этапах имплантации стента, однако в дальнейшем может привести к гиперпролиферации неоинтимы, развитию неоатеросклероза в стенте с формированием рестеноза, что может послужить причиной повторной реваскуляризации миокарда.

Показатель индекса заживления зависит от наличия нарушений углеводного обмена. У пациентов с сахарным диабетом отмечались более высокие значения индекса заживления, чем у пациентов без диабета ($22,86 \pm 15,52$ против $12,03 \pm 14,75$), $p=0,0477$). Также значимую роль на показатель заживления оказало развитие у пациента инфаркта миокарда как исхода острого коронарного синдрома. При наличии у пациента инфаркта значение индекса заживления ниже, чем при наличии у больного нестабильной стенокардии ($0,9 \pm 0,83$ и $16,50 \pm 15,39$) соответственно, $p=0,0183$).

На степень заживления стента оказывает влияние объем поражения коронарного русла. При многососудистом поражении коронарного русла индекс заживления выше, чем при наличии однососудистого поражения или двухсосудистого поражения на момент стентирования ($p=0,0355$) (рис. 6). Важным показателем в определении тактики реваскуляризации миокарда является Syntax score, значение которого влияет на выбор метода реваскуляризации между стентированием и шунтированием коронарных артерий. Прямой корреляции между индексом заживления и значением Syntax score I не получено. В дальнейшем все пациенты были разделены на группы в соответствии с современными представлениями о тактике реваскуляризации (Syntax score <22 – группа 1, от 23

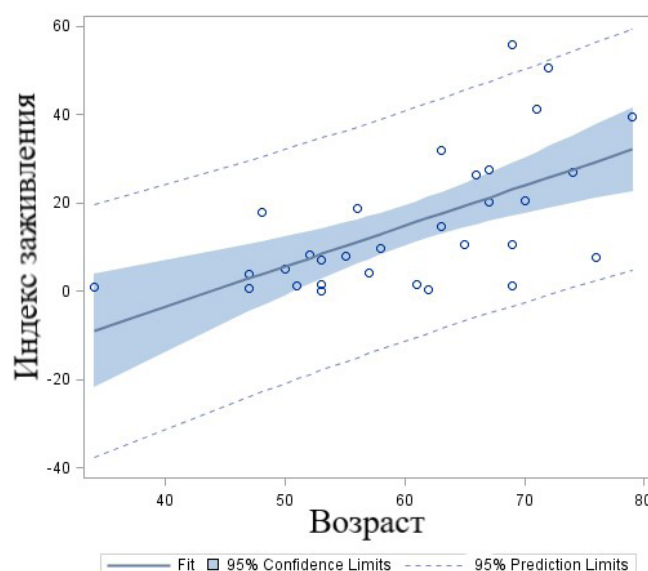


Рис. 5. Связь возраста пациента и индекса заживления
Fig. 5. The relationship of patient age and healing score

до 32 – группа 2, >33 – группа 3). Оказалось, что при уровне Syntax Score более 22 показатель индекса заживления выше, чем в первой группе ($p=0,004$) (рис. 7).

Расчет индекса заживления вошел в практику после появления биоабсорбируемых каркасов. Рентгеногегативные страты каркаса не позволяли точно оценить в динамике степень эндотелизации и биодеградации полимера. В исследовании TROFI через 6 месяцев после стентирования пациентам с острым коронарным синдромом с элевацией сегмента ST выполнялось контрольное ОКТ-исследование, по данным которого, у пациентов сохранялось достаточное количество непокрытых и мальпозиционированных страт [12]. Однако стоит учесть, что данная группа включала в себя пациентов с острым тромбозом, по-

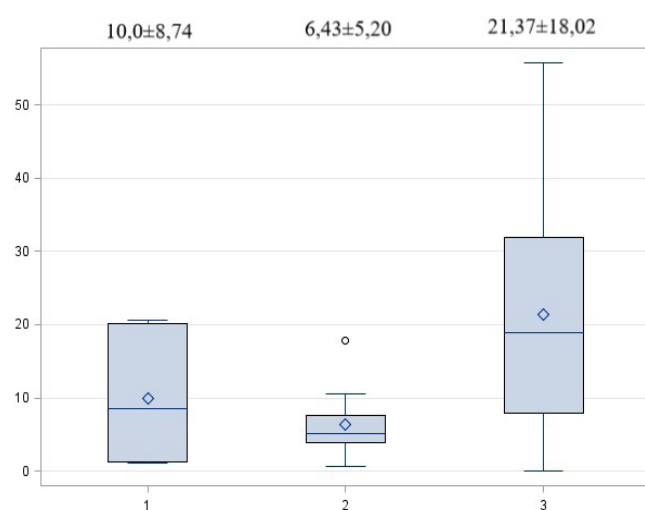


Рис. 6. Зависимость индекса заживления от степени поражения коронарного русла:

1 – однососудистое поражение; 2 – двухсосудистое поражение;
3 – многососудистое поражение коронарного русла

Fig. 6. The dependence of the healing score on the degree of damage to the coronary vessels:

1 – single-vessel lesion; 2 – two-vessel lesion; 3 – multi-vascular lesion

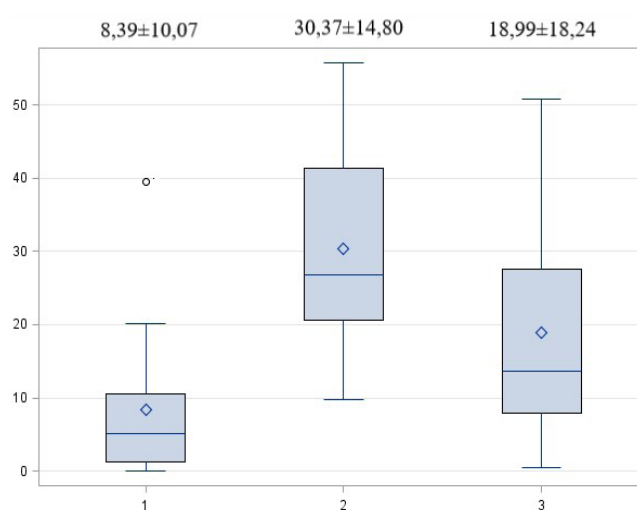


Рис. 7. Зависимость индекса заживления от показателя Syntax Score I:

1 – Syntax Score <22 ; 2 – Syntax Score от 23 до 32; 3 – Syntax Score >33

Fig. 7. The dependence of the healing score on the Syntax Score I:

1 – Syntax Score <22 ; 2 – Syntax Score from 23 to 32; 3 – Syntax Score >33

этому разрушение тромба и проводимая антикоагулянтная и антиагрегантная терапия могли приводить к замедлению сосудистого заживления. Кроме того, после стентирования артерии при атеротромбозе может развиваться протрузия тромботических масс в просвет сосуда, что также может влиять на неинтимальное заживление.

Индекс заживления является распространенным показателем, который используется для оценки степени эндотелизации стента, однако в настоящее время недостаточно данных о факторах, которые могут влиять на его значение.

В нашем исследовании наибольшее влияние на степень формирования неинтимы оказал такой фактор, как возраст больного, что, вероятнее всего, ассоциируется с возрастными изменениями активности регенеративных и репаративных процессов.

Известно, что пациенты с сахарным диабетом имеют больший риск развития рестеноза после имплантации голометаллических стентов, что требует имплантации данной группе пациентов стентов с лекарственным покрытием [13]. Между тем степень заживления эверолимус-покрытых стентов у пациентов с сахарным диабетом была ниже, чем у пациентов без нарушений углеводного обмена. Возможно, это также может быть объяснено замедлением процессов репарации [14]. Данные факты указывают на возможное замедление процессов эндотелизации стентов с лекарственным покрытием у пациентов пожилого возраста и больных сахарным диабетом, что может потребовать более длительной двойной антиагрегантной терапии.

При многососудистом поражении коронарного русла отмечалось также более высокое значение индекса заживления, что может быть связано с возрастом и коморбидностью пациентов. Не исключается и паракринное влияние биологически активных молекул, выделяемых сосудистой стенкой. Известно, что у пациентов с многососудистым поражением коронарного русла уровень высокочувствительного С-реактивного белка, пентраксина-3 и ряда других воспалительных маркеров выше, чем у больных с однососудистым поражением [15], что также может вносить свой вклад в процесс неинтимального заживления.

Таким образом, наибольшее влияние на значение индекса заживления оказывают возраст больного, наличие в анамнезе сахарного диабета, степень поражения коронарного русла. Данные показатели следует учитывать при выборе сроков двойной антиагрегантной терапии.

Выводы

Оптическая когерентная томография является современным визуализирующим методом, позволяющим получить больше информации о строении и структуре сосудистой стенки. Этот инструмент в руках эндоваскулярного хирурга помогает избежать развития как ранних, так и отдаленных осложнений, ассоциированных с имплантацией стента, а также позволяет получить новые данные, которые помогают принимать решение о тактике ведения пациента.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Литература / References

1. Nichols M, Townsend N, Scarborough P, Rayner M. Cardiovascular disease in Europe 2014: epidemiological update. *European Heart Journal* [Internet]. Oxford University Press (OUP); 2014 Aug 19;35(42):2950–2959. Doi: <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehu299>.
2. Чазов Е. И., Бойцов С. А. Оказание медицинской помощи больным с острым коронарным синдромом в рамках программы создания региональных и первичных сосудистых центров в Российской Федерации // Кардиолог. вестн. – 2008. – Т. 3, № 2. – С. 5–11. [Chazov EI, Boytsov SA. Providing medical care to patients with acute coronary syndrome in the framework of the program for creating regional and primary vascular centers in the Russian Federation. *Cardiological Bulletin*. 2008;3(2):5–11. (In Russ.)].
3. Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang et al. Optical coherence tomography. *Science*. 254(5035):1178–1181. Doi: 10.1126/science.1957169.
4. Jang I-K, Tearney GJ, MacNeill B, Takano M, Moselewski F, Iftima N et al. In Vivo Characterization of Coronary Atherosclerotic Plaque by Use of Optical Coherence Tomography. *Circulation*. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health); 2005. Mar 29;111(12):1551–1555. Doi: <http://dx.doi.org/10.1161/01.cir.0000159354.43778.69>.
5. Guillermo J. Tearney, Evelyn Regar, Takashi Akasaka, Tom Adriaenssens, Peter Barlis, Hiram G. Bezerra Consensus standards for acquisition, measurement, and reporting of intravascular optical coherence tomography studies: a report from the International Working Group for Intravascular Optical Coherence Tomography Standardization and Validation *Journal of the American College of Cardiology*. Mar 2012;59(12):1058–1072. Doi: 10.1016/j.jacc.2011.09.079.
6. Maehara A, Ben-Yehuda O, Ali Z, Wijns W, Bezerra HG, Shite J et al. Comparison of Stent Expansion Guided by Optical Coherence Tomography Versus Intravascular Ultrasound. *JACC: Cardiovascular Interventions*. Elsevier BV; 2015. Nov;8(13):1704–1714. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcin.2015.07.024>.
7. Franz-Josef Neumann, Miguel Sousa-Uva, Anders Ahlsson, Fernando Alfonso, Adrian P Banning, Umberto Benedetto, Robert A Byrne, Jean-Philippe Collet, Volkmar Falk, Stuart J Head, Peter Jüni, Adnan Kastrati, Akos Koller, Steen D Kristensen, Josef Niebauer, Dimitrios J Richter, Petar M Seferović, Dirk Sibbing, Giulio G Stefanini, Stephan Windecker, Rashmi Yadav, Michael O Zembala, ESC Scientific Document Group; 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization, *European Heart Journal*. 2019;40(2):87–165. Doi: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>.
8. Taniwaki M, Radu MD, Zaugg S, Amabile N, Garcia-Garcia HM, Yamaji K et al. Mechanisms of Very Late Drug-Eluting Stent Thrombosis Assessed by Optical Coherence Tomography. *Circulation*. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). 2016;133(7):650–660. Doi: <http://dx.doi.org/10.1161/circulationaha.115.019071>.
9. Räber L, Onuma Y, Brugaletta S, Garcia-Garcia HM, Backx B, Iñiguez A et al. Arterial healing following primary PCI using the Absorb everolimus-eluting bioresorbable vascular scaffold (Absorb BVS) versus the durable polymer everolimus-eluting metallic stent (XIENCE) in patients with acute ST-elevation myocardial infarction: rationale and design of the randomised TROFI II study. *EuroIntervention*. Europa Digital & Publishing. 2016;12(4):482–489. Doi: http://dx.doi.org/10.4244/eijy15m08_03.

10. Finn AV, Joner M, Nakazawa G, Kolodgie F, Newell J, John MC et al. Pathological Correlates of Late Drug-Eluting Stent Thrombosis. *Circulation. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health)*; 2007;8;115(18):2435–2441. Doi: <http://dx.doi.org/10.1161/circulationaha.107.693739>.

11. Mankerious N, Micha J, Kufner S. Malapposed, uncovered, underexpanded – intravascular imaging lessons on coronary stent thrombosis. *Journal of Thoracic Disease. AME Publishing Company*. 2018;10(1):141–144. Doi: <http://dx.doi.org/10.21037/jtd.2017.12.44>.

12. Garcia-Garcia HM, Muramatsu T, Nakatani S, Lee IS, Holm NR, Thuesen L et al. Serial optical frequency domain imaging in STEMI patients: the follow-up report of TROFI study. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging. Oxford University Press (OUP)*. 2014;15(9):987–995. Doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ehjci/jeu042>.

13. Buccheri D, Piraino D, Andolina G, Cortese B. Understanding and managing in-stent restenosis: a review of clinical data, from pathogenesis to treatment. *Journal of Thoracic Disease. AME Publishing Company*. 2016;8(10):E1150–E1162. Doi: <http://dx.doi.org/10.21037/jtd.2016.10.93>.

14. Avogaro A, Albiero M, Menegazzo L, de Kreutzenberg S, Fadini GP. Endothelial Dysfunction in Diabetes: The role of reparatory mechanisms. *Diabetes Care. American Diabetes Association*; 2011;34(Supplement_2):S285–S290. Doi: <http://dx.doi.org/10.2337/dc11-s239>.

15. Karakas MF, Buyukkaya E, Kurt M, Motor S, Akcay AB et al. Serum Pentraxin 3 Levels Are Associated With the Complexity and Severity of Coronary Artery Disease in Patients With Stable Angina Pectoris. *Journal of Investigative Medicine. BMJ*; 2013;61(2):278–285. Doi: <http://dx.doi.org/10.2310/jim.0b013e31827c2971>.

Информация об авторах

Трусов Иван Сергеевич – врач-кардиолог приемного отделения № 1 НИИ хирургии и неотложной медицины, ассистент кафедры терапии факультетской с курсом эндокринологии, кардиологии и функциональной диагностики с клиникой ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: trus-medic@rambler.ru.

Нифонтов Евгений Михайлович – д-р мед. наук, профессор кафедры терапии факультетской с курсом эндокринологии, кардиологии и функциональной диагностики с клиникой, заведующий лабораторией неотложной кардиологии НИИ сердечно-сосудистых заболеваний НКЦ ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: nifontovem@1spbmgmu.ru.

Бирюков Алексей Владимирович – канд. мед. наук, зав. отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 1 НИИ хирургии и неотложной медицины ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: m.l.m@bk.ru.

Иванченко Роман Дмитриевич – врач по рентгеноэндовазальной диагностике и лечению отделения рентгенхирурги-

ческих методов диагностики и лечения № 1 НИИ хирургии и неотложной медицины ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: r.d.ivanchenko@mail.ru.

Мелиоранская Екатерина Игоревна – врач-кардиолог кардиологического отделения № 1 НИИ сердечно-сосудистых заболеваний клиники НКЦ ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: e.melioranskaia@mail.ru.

Добровольский Вадим Валерьевич – студент 6 курса лечебного факультета ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: Dashh46@yandex.ru.

Гуляева Татьяна Валерьевна – студентка 6 курса лечебного факультета ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: gulyaeva_1994@inbox.ru.

Ивлева Ольга Эдуардовна – студентка 6 курса лечебного факультета ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: olgaivl@list.ru.

Author information

Trusov Ivan S. – Cardiologist of the admission department № 1 of the Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Assistant of the Faculty Therapy Department with a course of endocrinology, cardiology and functional diagnostics with a clinic, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, e-mail: trus-medic@rambler.ru.

Nifontov Evgeniy M. – Ph. D., Professor of the Faculty Therapy Department with a course of endocrinology, cardiology and functional diagnostics with a clinic, Head of the Emergency Cardiology Laboratory of the Research Institute of Cardiovascular Diseases, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, e-mail: nifontovem@1spbmgmu.ru.

Biryukov Alexey V. – PhD, Head of the Department of X-ray Surgical Diagnostic and Treatment Methods No. 1 of the Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, e-mail: m.l.m@bk.ru.

Ivanchenko Roman D. – doctor of the department of x-ray diagnostic methods and treatment No. 1 of the Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, e-mail: r.d.ivanchenko@mail.ru.

Melioranskaia Ekaterina I. – cardiologist of the cardiology department № 1 of the Institute of Cardiovascular Diseases, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, e-mail: e.melioranskaia@mail.ru.

Dobrovolskiy Vadim V. – 6th year student of medical faculty, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, e-mail: Dashh46@yandex.ru.

Gulyaeva Tatyana V. – 6th year student of medical faculty, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, e-mail: gulyaeva_1994@inbox.ru.

Ivleva Olga E. – 6th year student of medical faculty, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, e-mail: olgaivl@list.ru.