



<https://doi.org/10.24060/2076-3093-2018-8-1-64-68>

Оценка прочностных характеристик коронарных стентов в созданной модели «мышечного моста»

Плечев Владимир Вячеславович — д.м.н., профессор, зав. кафедрой госпитальной хирургии, orcid.org/0000-0002-6716-4048

Сагатдинов Тимур Шамилевич — сердечно-сосудистый хирург отделения кардиохирургии № 3

Ризберг Роман Юрьевич — к.м.н., врач по рентген-эндovasкулярной диагностике и лечению отделения РХМДИЛ № 1

Бузаев Игорь Вячеславович — к.м.н., зав. отделением рентген-хирургических методов диагностики и лечения № 1, orcid.org/0000-0003-0511-9345

Николаева Ирина Евгеньевна — к.м.н., главный врач

Олейник Богдан Александрович — к.м.н., доцент кафедры госпитальной хирургии, зам. главного врача по хирургии

В.В. Плечев², Т.Ш. Сагатдинов¹, Р.Ю. Ризберг², И.В. Бузаев¹, И.Е. Николаева¹, Б.А. Олейник^{1,2}

¹ Республиканский кардиологический центр, Россия, 450106, Уфа, ул. Степана Кувькина, 96

² Башкирский государственный медицинский университет, Россия, 450008, Уфа, ул. Ленина, 3

Контакты: Сагатдинов Тимур Шамилевич, e-mail: t.sagatdinov@mail.ru

Резюме

Введение. На сегодняшний день единой тактики лечения пациентов с аномально локализованными коронарными артериями по типу «мышечного мостика» не существует. Имеются противоречивые сведения о пользе стентирования коронарных артерий в связи с частыми поломками стентов или перфораций туннелированного сосуда. По поводу данной проблемы ни одного крупного рандомизированного исследования не проводилось. В этой связи целью настоящей работы являлась оценка прочностных характеристик стентов в воссозданной нами модели мышечного моста.

Материалы и методы. На разработанной нами оригинальной модели миокардиального моста определили предел прочности коронарных стентов в условиях, максимально приближенных к физиологическим. Стенты помещались в трубку из политетрафторэтилена, частота колебаний, имитирующая мост, была выставлена 250 ударов в минуту. Результаты опыта фиксировались на USB-камеру каждые 30 минут с целью регистрации механических дефектов стента.

Результаты и их обсуждение. В стенте, состоящем из ячеек, соединяющихся с помощью V-образных соединений, отмечались первые признаки деформации балок уже на десятые сутки, полная поломка произошла на семнадцатые сутки от момента имплантации. Стент без V-образных соединений при наблюдении в течение двух месяцев сохранял механическую целостность.

Заключение. Таким образом, гипотеза о нецелесообразности имплантации стентов в коронарную артерию с мышечным мостом не совсем корректна. Принимая во внимание полученные нами данные, можно предположить, что структура, конструкция, форма и состав стентов определяют возможность его имплантации в коронарную артерию с мышечным мостом, но требуют персонализационного подхода для каждого конкретного пациента.

Ключевые слова: мышечные мосты, ишемическая болезнь сердца, коронарные стенты, биологические модели

Для цитирования: Плечев В.В., Сагатдинов Т.Ш., Ризберг Р.Ю., Бузаев И.В., Николаева И.Е., Олейник Б.А. Оценка прочностных характеристик коронарных стентов в созданной модели «мышечного моста». Креативная хирургия и онкология. 2018;8(1):64–68. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2018-8-1-64-68>

Evaluation of Strength Characteristics of Coronary Stents in the Created Model of “Myocardial Bridge”

Vladimir V. Plechev², Timur Sh. Sagatdinov¹, Roman Yu. Rizberg¹, Igor V. Buzaev¹, Irina E. Nikolaeva¹, Bogdan A. Oleynik^{1,2}

¹ Republican Cardiology Center, 96 Stepan Kuvykin str., Ufa, 450106, Russian Federation

² Bashkir State Medical University, 3 Lenin str., Ufa, 450008, Russian Federation

Contacts: Sagatdinov Timur Shamilevich, e-mail: t.sagatdinov@mail.ru

Plechev Vladimir Vyacheslavovich —
Doctor of Medical Sciences,
Professor, Head of the
Department of Hospital
Surgery, orcid.org/0000-0002-6716-4048

Sagatdinov Timur Shamilevich —
Cardiovascular surgeon at the
Cardiac Surgery Department
№ 3

Rizberg Roman Yurevich —
Candidate of Medical Sciences,
Physician at the Interventional
Radiology Department № 1

Buzaev Igor Vyacheslavovich —
Candidate of Medical Sciences,
Head of the Interventional
Radiology Department № 1,
orcid.org/0000-0003-0511-9345

Nikolaeva Irina Evgenevna —
Candidate of Medical Sciences,
Chief Medical Officer

Oleynik Bogdan Aleksandrovich —
Candidate of Medical Sciences,
Associate professor of the
Department of Hospital
Surgery, Deputy Chief Medical
Officer for Surgical Affairs

Summary

Introduction. Presently there is no unified tactics to treat patients with aberrantly localized coronary arteries of “muscular bridge” type. There are controversial data regarding the benefit of coronary artery stenting due to often stent breakage or perforation of tunneled vessel. There are no major randomized studies regarding this issue. In this regard the goal of this research was to assess strength characteristics of stents in the model of muscular growth that we restored.

Materials and methods. The originally developed model enabled to determine the strength limit of coronary stents under conditions that are maximum close to the physiological ones. The stents were placed into a polytetrafluoroethylene tube, the bridge-imitating oscillation frequency was configured to 250 beats per minute. The results of the experiment were recorded on USB-camera each 30 minutes in order to register mechanical defects of the stent.

Results and discussion. The stent consisting of cells that are joined with V-shaped connections, showed first signs of strut deformity on the 10th day. Complete breakage happened on the 17th day after implantation. After 2 months observation the stent preserved mechanical firmness without V-shaped connections.

Conclusion. Thus, it is not quite correct to support the hypothesis on infeasibility of stent implantation into the coronary artery with a muscular bridge. Taking into consideration the findings it is possible to suppose that the structure, design, form and content of stents predetermine the possibility to implant it into coronary artery with muscular bridge, but require individual approach to every particular patient.

Keywords: myocardial bridge, ischemic heart disease, coronary stents, biological models

For citation: Plechev V.V., Sagatdinov T.Sh., Rizberg R.Yu., Buzaev I.V., Nikolaeva I.E., Oleynik B.A. Evaluation of Strength Characteristics of Coronary Stents in the Created Model of “Myocardial Bridge”. *Creative Surgery and Oncology*. 2018;8(1):64–68. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2018-8-1-64-68>

Введение

Миокардиальные мостики являются распространенной аномалией коронарных артерий, обусловленной их локализацией в толще миокарда. Частота мышечных мостиков в популяции может варьировать от 12 до 60% [1]. При этом их клиническая значимость и, как следствие, тактика лечения в настоящее время неоднозначны, отсутствуют четко сформированные показания к медикаментозному или инвазивному лечению [2, 3]. Из существующих методов хирургического лечения выделяют аортокоронарное шунтирование и супраартериальную миотомию [4]. Однако в связи с конкурирующим кровотоком маммарокоронарные шунты перестают функционировать, а миотомия сопряжена с высокими рисками [5, 6]. Достаточно противоречивы данные и о пользе стентирования коронарных артерий. Описаны случаи имплантации стента в туннелированный сегмент, повлекшие поломку стента или перфорацию артерии с последующими повторными оперативными вмешательствами [7, 8]. Однако ряд авторов отмечают благоприятные исходы стентирования мышечных мостов с регрессом клиники стенокардии [9–11]. Предварительно проведенный обзор доступной литературы, посвященный данной тематике, выявил отсутствие крупных рандомизированных исследований о рисках, связанных с имплантацией стентов. В этой связи целью настоящей работы послужила оценка прочностных характеристик различных стентов в воссозданной модели мышечного моста.

Материалы и методы

Принимая во внимание факт отсутствия убедительных данных о силе давления мышечного моста на коронарную артерию [12], на первом этапе исследования разработанным нами оригинальным методом [13] измерили данный показатель у трех пациентов. Суть метода заключалась в том, что в сегмент артерии с мышечным мостом проводили баллон для баллонной ангиопласти-

ки, раздували его давлением до 3 атм, соединяя с датчиком, регистрирующим колебания давления. Установлено, что среднее значение силы давления мышечного моста на коронарную артерию находится в диапазоне 0,012–0,020 н/мм.

Следует отметить, что средняя радиальная жесткость современных стентов составляет более 0,77 н/мм, что значительно превосходит радиальную жесткость, которую оказывает миокардиальный мост на артерию. Поэтому следующим этапом для выявления причин и оценки характера повреждений стентов на разработанной нами модели «мышечного моста» оценили их прочностные характеристики в условиях *ex vivo*. В исследовании было использовано два вида одинаковых по размеру (3×15 мм) стентов с высокой радиальной жесткостью, но различающихся по своей геометрической структуре:

образец № 1 — стент синусоидального профиля с лазерной сваркой в ключевых точках с помощью S-образных соединений (Medtronic «Resolute Integrity», США);

образец № 2 — стент из множественных ячеек, соединенных между собой V-образными соединениями (Oscam «Axzion», Нидерланды).

Стенты помещались в трубку из политетрафторэтилена, которая устанавливалась в модель мышечного моста, выставлялась частота до 250 ударов в минуту. Результаты опыта фиксировались на USB-камеру каждые 30 минут, срок наблюдения составил два месяца.

Результаты

Образец № 1 сохранял структурную целостность на протяжении двух месяцев. За указанный период наблюдений не было выявлено каких-либо дефектов в стенте (рис. 1).

В образце № 2, состоящем из ячеек, соединяющихся с помощью V-образных соединений, отмечались первые признаки деформации балок на 10-е сутки, полная поломка произошла через 16 дней от начала установки

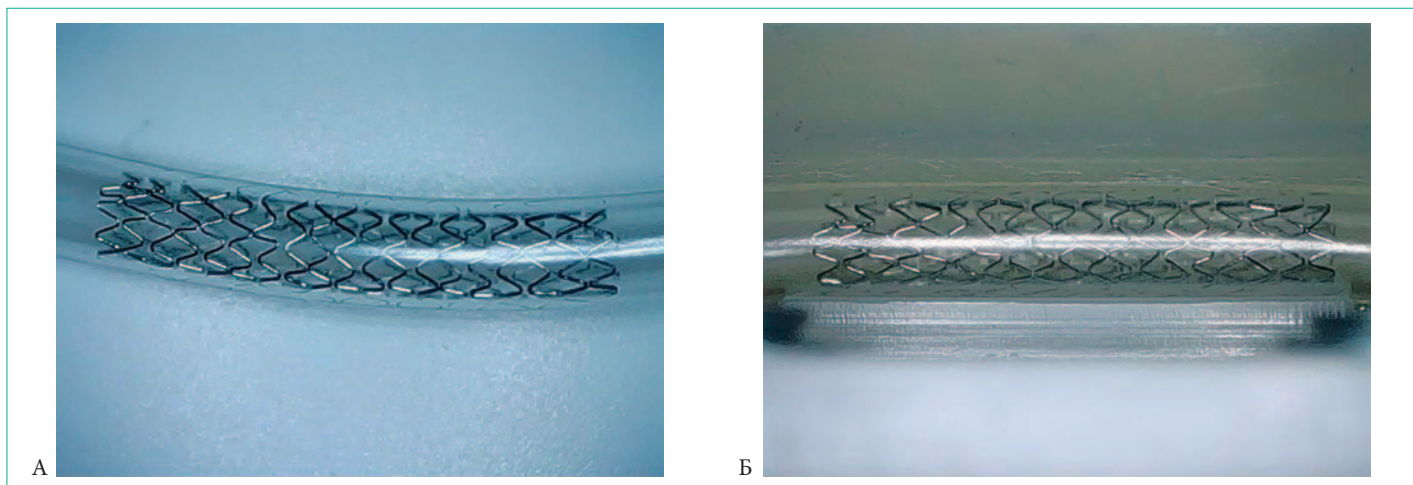


Рисунок 1. Образец № 1 исходно (А) и в конце (Б) эксперимента
Figure 1. Sample one before (A) and after (B) the experiment

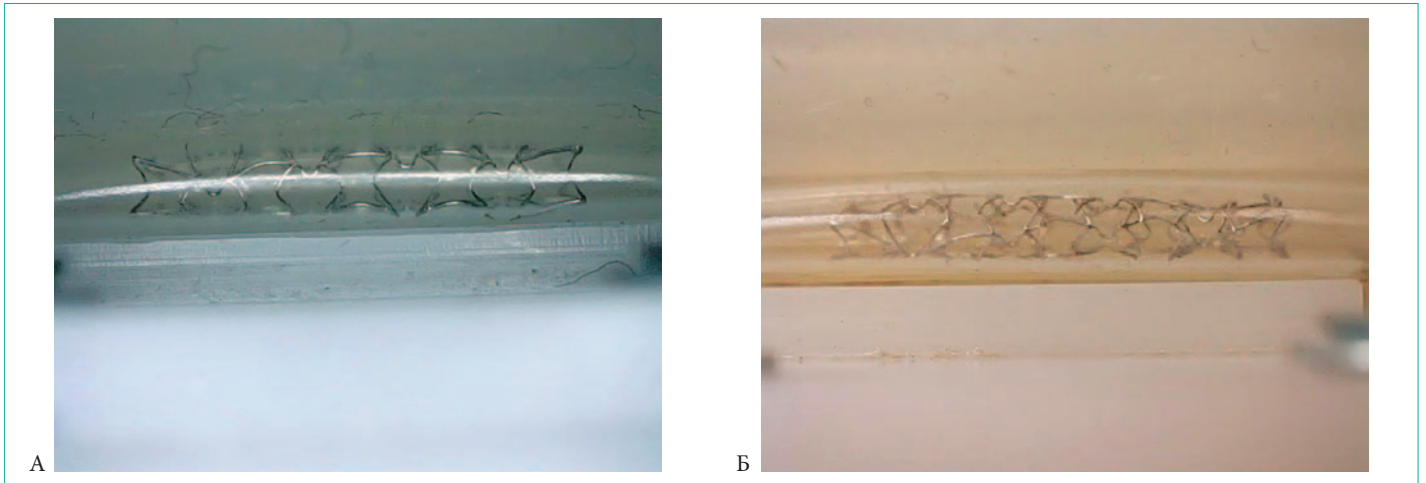


Рисунок 2. Образец № 2 исходно (А) и в конце (Б) эксперимента
Figure 2. Sample two before (A) and after (B) the experiment

(рис. 2), что в реальных условиях при нормальном сердечном сокращении в среднем 80 ударов в минуту соответствовало бы 41 суткам.

Следует отметить, что механические повреждения локализовались в местах соединения ячеек. Можно предположить, что имплантация данного стента пациенту приведет через 41 день к его механической деструкции, а значит — тромбозу, требующему повторного вмешательства на коронарные артерии.

Обсуждение

Принимая во внимание результаты проведенной работы, становится очевидно, что разные стенты, различающиеся по структуре, конструкции, форме и составу, в артериях с мышечными мостами будут функционировать по-разному. Поломка стента происходит не за счет силы мышечного моста, а за счет усталости металла, из которого изготовлен стент. Постоянная циклическая нагрузка на стент приводит к механическим трещинам в структуре металла. Стент не целостная структура, а состоит из синусоидальных кольцевых сегментов или ячеек, соединенных между собой нелинейными извитыми перемычками, что обеспечивает необходимую радиальную устойчивость. Как только в каком-либо

участке происходит дефект или поломка, жесткость структуры стента изменяется, и радиальная жесткость стента уменьшается, теряется целостность конструкции, что, видимо, и приводит к поломке стента. На основе исследования можно сделать вывод, что ключевыми точками при поломке стентов, установленных в мышечные мосты, являются перемычки, с помощью которых сегменты стентов соединены между собой.

Заключение

Таким образом, гипотеза о нецелесообразности имплантации стентов в коронарную артерию с мышечным мостом не совсем корректна. Принимая во внимание полученные нами данные, можно предположить, что структура, конструкция, форма и состав стентов определяют возможность его имплантации в коронарную артерию с мышечным мостом, но требуют персонализационного подхода для каждого конкретного пациента.

Информация о конфликте интересов.

У авторов данной статьи конфликты интересов отсутствуют.

Информация о спонсорстве.

Финансирование исследования и публикации статьи за счет авторов.

Список литературы

- 1 Ishikawa Y, Kawawa Y, Kohda E, Shimada K, Ishii T. Significance of the anatomical properties of a myocardial bridge in coronary heart disease. *Circ J*. 2011;75(7):1559–66. PMID: 21467656
- 2 Seo J, Park J, Oh J, Uhm J.S, Sung J.H., Kim J.Y., et al. High prevalence and clinical implication of myocardial bridging in patients with early repolarization. *Yonsei Med J*. 2017;58(1):67–74. DOI: 10.3349/ymj.2017.58.1.67
- 3 Бокерия Л.А., Суханов С.Г., Орехова Е.Н., Шатахян М.П., Коротаев Д.А., Стерник Л. Сравнительный анализ результатов хирургического и медикаментозного методов лечения миокардиальных мостиков передней межжелудочковой артерии. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2012;(3):22–30.
- 4 Ernst A, Bulum J, Separovic Hanzevacki J, Lovric Bencic M., Strozzi M. Five-year angiographic and clinical follow-up of patients with drug-eluting stent implantation for symptomatic myocardial bridging in absence of coronary atherosclerotic disease. *J Invasive Cardiol*. 2013;25(11):586–92. PMID: 24184893
- 5 Xu Z., Wu Q., H. Li., Pan G. Myotomy after previous coronary artery bypass grafting for treatment of myocardial bridging. *Circulation*. 2011;123(10):1136–7. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.989129
- 6 Amin F.R., Mandal A.K., Al-Obaidi M., Missouri C.G. Ventricular septal rupture and intraseptal pseudo-aneurysm complicating acute myocardial infarction: management in the multimodality imaging era. *Postgrad Med J*. 2012;88(1041):425–6. DOI: 10.1136/postgrad-medj-2011-130590
- 7 Patel M., Swofford B., Distler E. Myocardial bridge: bridging the differential diagnosis. *BMJ Case Rep*. 2017;2017. pii: bcr-2017-221864. DOI: 10.1136/bcr-2017-221864
- 8 Черняев М.В., Колединский А.Г., Файбушевич А.Г., Топчян И.С. Коронарные стенты: прошлое, настоящее, будущее. отечественные разработки в эндоваскулярной хирургии (обзор литературы). *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2016; 10(4):51–6.
- 9 Lee E.M., Choi M.H., Seo H.S., Kim H.K., Kim N.H., Choi C.U., et al. Impact of vasomotion type on prognosis of coronary artery spasm induced by acetylcholine provocation test of left coronary artery. *Atherosclerosis*. 2017;257:195–200. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2016.09.015
- 10 Yu Y. Do I need a stent?: choosing medical care wisely. *JAMA Intern Med*. 2014;174(3):320. DOI: 10.1001/jamainternmed.2013.13479
- 11 Мустафина И.А., Павлов В.Н., Загидуллин Н.Ш., Сухарева Н.Н., Jia H., Yu B. Последствия установки стентов с лекарственным покрытием при хронической тотальной окклюзии коронарных артерий: исследование методом оптической когерентной томографии. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2017;12(5):51–6.
- 12 Nakatani S., Onuma Y., Ishibashi Y., Muramatsu T., Iqbal J., Zhang Y.J., et al. Early (before 6 months), late (6–12 months) and very late (after 12 months) angiographic scaffold restenosis in the ABSORB Cohort B trial. *EuroIntervention*. 2015;10(11):1288–98. DOI:10.4244/eijv10i11a218
- 13 Плечев В.В., Сагатдинов Т.Ш., Николаева И.Е., Бузаев И.В. Способ определения силы давления «мышечного моста» на туннелированный сегмент коронарной артерии: пат. 2599196 РФ, 2016.

References

- 1 Ishikawa Y, Kawawa Y, Kohda E, Shimada K, Ishii T. Significance of the anatomical properties of a myocardial bridge in coronary heart disease. *Circ J*. 2011;75(7):1559–66. PMID: 21467656
- 2 Seo J, Park J, Oh J, Uhm J.S, Sung J.H., Kim J.Y., et al. High prevalence and clinical implication of myocardial bridging in patients with early repolarization. *Yonsei Med J*. 2017;58(1):67–74. DOI: 10.3349/ymj.2017.58.1.67
- 3 Bockeria L.A., Sukhanov S.G., Orekhova E.N., Shatakhyan M.P., Korotaev D.A, Sternik L. Comparative analysis of results of surgical and medicamental methods of treatment of myocardial bridges in anterior interventricular artery. *Russian journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2012;(3):22–30. (in Russ.)
- 4 Ernst A, Bulum J, Separovic Hanzevacki J, Lovric Bencic M., Strozzi M. Five-year angiographic and clinical follow-up of patients with drug-eluting stent implantation for symptomatic myocardial bridging in absence of coronary atherosclerotic disease. *J Invasive Cardiol*. 2013;25(11):586–92. PMID: 24184893
- 5 Xu Z., Wu Q., H. Li., Pan G. Myotomy after previous coronary artery bypass grafting for treatment of myocardial bridging. *Circulation*. 2011;123(10):1136–7. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.989129
- 6 Amin F.R., Mandal A.K., Al-Obaidi M., Missouri C.G. Ventricular septal rupture and intraseptal pseudo-aneurysm complicating acute myocardial infarction: management in the multimodality imaging era. *Postgrad Med J*. 2012;88(1041):425–6. DOI: 10.1136/postgrad-medj-2011-130590
- 7 Patel M., Swofford B., Distler E. Myocardial bridge: bridging the differential diagnosis. *BMJ Case Rep*. 2017;2017. pii: bcr-2017-221864. DOI: 10.1136/bcr-2017-221864
- 8 Chernyaev M.V., Koledinsky A.G., Faybushevich A.G., Topchyan I.S. Coronary stents: past, present, future. domestic elaborations in endovascular surgery (literature review). *Diagnostic and Interventional Radiology*. 2016;10(4):51–6. (in Russ.)
- 9 Lee E.M., Choi M.H., Seo H.S., Kim H.K., Kim N.H., Choi C.U., et al. Impact of vasomotion type on prognosis of coronary artery spasm induced by acetylcholine provocation test of left coronary artery. *Atherosclerosis*. 2017;257:195–200. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2016.09.015
- 10 Yu Y. Do I need a stent?: choosing medical care wisely. *JAMA Intern Med*. 2014;174(3):320. DOI: 10.1001/jamainternmed.2013.13479
- 11 Mustafina I.A., Pavlov V.N., Zagidullin N.Sh., Sukhareva N.N., Jia H., Yu B. The consequences of the setting of drug-eluting stents for chronic total occlusion of coronary arteries: study by optical coherence tomography. *Bashkortostan Medical Journal*. 2017;12(5):51–6. (in Russ.)
- 12 Nakatani S., Onuma Y., Ishibashi Y., Muramatsu T., Iqbal J., Zhang Y.J., et al. Early (before 6 months), late (6–12 months) and very late (after 12 months) angiographic scaffold restenosis in the ABSORB Cohort B trial. *EuroIntervention*. 2015;10(11):1288–98. DOI:10.4244/eijv10i11a218
- 13 Plechev V.V., Sagatdinov T.Sh., Nikolaeva I.E., Buzaev I.V. Method for determining pressure of myocardial bridge on tunneled segment of coronary artery: Russian Federation Patent RU 2599196; Jan. 13, 2016. (in Russ.)