

СООТНОШЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СТЕНОЗИРОВАНИЯ И КАЛЬЦИНОЗА В КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЯХ У ПАЦИЕНТОВ С ИБС

ФАДЕЕВ ГРИГОРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, ORCID ID: 0000-0002-0213-8631, зам. начальника госпиталя по лечебной работе, ФКУЗ "Клинический госпиталь МСЧ МВД РФ по РТ", 420059, Казань, Оренбургский тракт, 132.

ЦИБУЛЬКИН НИКОЛАЙ АНАТОЛЬЕВИЧ, ORCID ID: 0000-0002-1343-0478; канд. мед. наук, доцент кафедры кардиологии, рентгеноэндоваскулярной и сердечно-сосудистой хирургии Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, 420012, Казань, ул. Бултерова, 36.

ЗАКИРОВА ЭЛЬВИРА БАКИЕВНА, ORCID ID: 0000-0002-4653-1734, канд. мед. наук, зам. главного врача по диагностике, ГАУЗ "Городская клиническая больница №7", 420103, г. Казань, ул. Маршала Чуйкова, д. 54. e-mail: frolova.67@mail.ru

ФАЙЗУЛЛИНА ГУЛЬНАРА ГАЛИЕВНА, ORCID ID: 0000-0002-3785-2528; зав. кабинетом ультразвуковой диагностики ФКУЗ "Клинический госпиталь МСЧ МВД РФ по РТ", 420059, Казань, Оренбургский тракт, 132.

ГАЙНУТДИНОВА ЛЕЙСАН ИРЕКОВНА, ORCID ID: 0000-0002-5859-8776, канд. мед. наук, зав. отделом высокотехнологической медицинской помощи, ГАУЗ «Городская клиническая больница №7», 420103, г. Казань, ул. Маршала Чуйкова, д. 54. e-mail: orgmetod.rkb3@mail.ru

Реферат. Введение. Ишемическая болезнь сердца является одной из наиболее частых нозологических форм в клинической практике. В ее основе лежит атеросклероз коронарных артерий, основным элементом которого являются атеросклеротические бляшки. Разрастание бляшек в просвет сосуда приводит к его стенозированию. Обычно коронарный атеросклероз имеет прогрессирующее течение, что проявляется в изменении внутреннего состава бляшки. Прогрессирование атеросклероза также находит отражение в повышении степени кальциноза коронарных артерий, которые могут характеризоваться как по выраженности стеноза, так и по степени кальциноза. Показатель кальциноза является индикатором распространенности и выраженности атеросклеротического поражения коронарного русла. **Цель:** сопоставление показателей, характеризующих степень выраженности стеноза и кальциноза коронарных артерий по данным мультиспиральной компьютерной томографии у пациентов с ишемической болезнью сердца. **Материалы и методы.** В исследование включено 56 пациентов. Использовались показатели кальциноза коронарных артерий (индекс кальция левой нисходящей артерии, левой огибающей артерии, правой коронарной артерии, индекс Агатсона общий), а также степень стеноза коронарных артерий в проксимальных, средних и дистальных сегментах. **Результаты и их обсуждение.** Степень кальциноза была наибольшей в левой нисходящей артерии, наименьший кальциноз в левой огибающей артерии, а в бассейне правой коронарной артерии индекс кальция имел промежуточное значение. Для определения соотношения выраженности кальциноза коронарных артерий и степени их стеноза использован регрессионный анализ. Степень стеноза и выраженность кальциноза в коронарных артериях в большинстве случаев показали достоверную зависимость. В проксимальных сегментах всех артерий такая зависимость имеет линейный характер. В дистальных сегментах всех артерий зависимость стеноза и кальциноза имела вид квадратичной регрессии. **Выводы.** Коронарные артерии имеют различную выраженность кальциноза: наиболее он выражен в левой нисходящей артерии. Степень стеноза и выраженность кальцификации демонстрируют различные варианты взаимосвязи в зависимости от артерии и уровня по сегментам.

Ключевые слова: атеросклероз, мультиспиральная компьютерная томография, кальциноз.

Для ссылки: Соотношение процессов стенозирования и кальциноза в коронарных артериях у пациентов с ИБС / Г.А. Фадеев, Н.А. Цибульский, Э.Б. Закирова [и др.] // Вестник современной клинической медицины. – 2022. – Т.15, вып.4. – С.49-53. DOI: 10.20969/VSKM.2022.15(4).49-53.

RELATION BETWEEN STENOSIS AND CALCIFICATION OF CORONARY ARTERIES IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE

FADEEV GRIGORIY A., ORCID ID: 0000-0002-0213-8631, Deputy Head, Clinical hospital of Ministry of Internal Affairs of Russian Federation in Republic of Tatarstan, Russia, 420059, Kazan, Orenburgskiy tract str., 132.

TSIBULKIN NIKOLAY A., ORCID ID: 0000-0002-1343-0478; C. Med. Sci., associate professor of the Department of cardiology, roentgen-endovascular and cardiovascular surgery of Kazan State Medical Academy – the branch of Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Russia, 420012, Kazan, Butlerov str., 36.

ZAKIROVA ELVIRA B., ORCID ID: 0000-0002-4653-1734, C. Med. Sci., Deputy Head, Municipal clinical hospital №7, 420103, Kazan, Chuikov str., 54. e-mail: frolova.67@mail.ru

FAIZULLINA GULNARA G., ORCID ID: 0000-0002-3785-2528, Head of Department of ultrasound diagnostic, Clinical hospital of Ministry of Internal Affairs of Russian Federation in Republic of Tatarstan, Russia, 420059, Kazan, Orenburgskiy tract str., 132.

GAYNUTDINOVA LEYSAN I., ORCID ID: 0000-0002-5859-8776, C. Med. Sci., Head of the Department of High-Tech Medical Care, Municipal clinical hospital №7, 420103, Kazan, Chuikov str., 54. e-mail: orgmetod.rkb3@mail.ru

Abstract. Introduction. Coronary heart disease is one of frequent nosological forms in clinical practice. It is based on atherosclerosis of coronary arteries, main element of which are atherosclerotic plaques. Proliferation of plaques in lumen of vessel leads to its stenosis. Usually coronary atherosclerosis has progressive course, which manifests itself in change in internal composition of plaque. Progression of atherosclerosis is also reflected in increase in degree of calcification of coronary arteries, which can be characterized by degree of calcification. Calcification index is indicator of prevalence and severity of atherosclerotic lesions of coronary bed. **Aim.** To compare indicators characterizing severity of coronary artery stenosis and calcification according to coronary computed tomography angiography in patients with coronary heart disease. **Material and methods.** Study included 56 patients. Indicators of calcification of coronary arteries (calcium index of left descending artery, left circumflex artery, right coronary artery, Agatson index), as well as degree of coronary artery stenosis were used. **Results and discussion.** Degree of calcification was highest in left descending artery, lowest calcification in left circumflex artery, and in right coronary artery calcium index had intermediate value. Regression analysis was used to determine relation of severity of calcification of coronary arteries and degree of their stenosis. Values of these indicators showed significant dependence. In proximal segments of all arteries this dependence is linear. In distal segments of all arteries dependence of stenosis and calcification had form of non-linear regression.

Conclusion. Coronary arteries have different severity of calcification: it is most pronounced in left descending artery. Degree of stenosis and calcification demonstrate different variants of relationship depending on artery and segments.

Key words: atherosclerosis, coronary computed tomography angiography, calcification.

For references: Fadeev GA, Tsybulkin NA, Zakirova EB, Faizullina GG, Gaynutdinova LI. Relation between stenosis and calcification of coronary arteries in patients with coronary heart disease. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2022; 15(4):49-53. DOI: 10.20969/VSKM.2022.15(4).49-53.

Введение. В настоящее время ишемическая болезнь сердца (ИБС), в основе которой лежит атеросклероз коронарных артерий, является одной из наиболее частых нозологических форм в кардиологической практике [1]. Основным элементом атеросклероза являются атеросклеротические бляшки (АСБ). Разрастание АСБ в просвет сосуда приводит к его стенозированию. Стеноз коронарной артерии более 70% считается гемодинамически значимым и может быть причиной стенокардии или безболевой ишемии миокарда (ББИМ). Обычно атеросклероз, как системное заболевание, имеет прогрессирующее течение, особенно у пациентов с факторами риска, что проявляется в увеличении числа АСБ, повышении степени стеноза артерии, а также в изменении внутреннего состава АСБ [2]. В частности, АСБ могут дестабилизироваться с развитием острого коронарного синдрома. Напротив, стабильные АСБ имеют тенденцию к фиброзированию и обызвествлению, которое определяется как кальциноз. Проявления ИБС, как стенокардия, так и ББИМ, определяются степенью стеноза, однако прогрессирование атеросклероза как хронического процесса находит отражение в уровне кальциноза [3, 4]. Таким образом, коронарные артерии могут характеризоваться как по числу и выраженности стенозов, так и по степени кальциноза.

Основным методом оценки стенозов коронарного русла является коронарная ангиография (КАГ). Наряду с преимуществами и опытом применения, КАГ имеет ограничения, связанные с ее инвазивностью и возможными осложнениями. Для исследования коронарных артерий также применяется компьютерная томография [5]. Данный метод хорошо известен и нашел широкое применение в хирургической кардиологии [6, 7, 8]. Морфологию коронарного русла можно оценить с помощью мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), являющейся вариантом рентгеноконтрастной ангиографии. Преимущество МСКТ в неинвазивности, безопасности для пациента, скорости проведения, наглядности и количественном характере получаемых данных [9]. Лучевая нагрузка имеет место в обоих случаях, но считается приемлемой, т.к. исследования проводятся сравнительно нечасто [10, 11]. Характеристика степени кальциноза коронарного русла имеет практическое значение для определения тактики ведения пациентов [12, 13]. Преимуществом МСКТ является возможность количественной оценки отложений кальция в стенках артерий [14]. Показатель кальциноза является индикатором распространенности и выраженности хронического атеросклеротического поражения коронарного русла [15, 16, 17].

Цель: сопоставление показателей, характеризующих степень выраженности стеноза и кальциноза коронарных артерий по данным МСКТ у пациентов с ИБС.

Материалы и методы. В исследование включено 56 пациентов (27 мужчин, 29 женщин) с диагнозом ИБС в возрасте от 56 до 73 лет. На момент исследования пациенты не имели показаний для экстренного эндоваскулярного вмешательства. МСКТ проводилась с целью уточнения состояния коронарных артерий и

определения дальнейшей тактики ведения пациента. В исследование не включались пациенты с клапанными пороками, клапанными протезами, выраженным поражением перикарда, а также пациенты, перенесшие коронарное стентирование и шунтирование. Исключение указанных случаев не связано с ограничениями метода, но определяется задачами исследования. По данным МСКТ использовались показатели кальциноза коронарных артерий (индекс кальция (ИК) левой нисходящей артерии (ЛНА), левой огибающей артерии (ЛОА), правой коронарной артерии (ПКА), а также индекс Агатсона общий) и степень стеноза коронарных артерий (%) в их проксимальных, средних и дистальных сегментах.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью программ электронных таблиц Microsoft Excel и StatSoft Statistica 12.0, сформированных в соответствии с задачами проводимых исследований. Описательная статистика приведена с указанием медианы, 1 и 3 квартилей, максимального и минимального значения вариационного ряда. Анализ данных проведен с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни, методов линейной и квадратичной регрессии. Уровень значимости принят равным $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. У большинства пациентов (93%) выявлен правый тип коронарного кровообращения; сбалансированный тип выявлен в одном случае (1,8%). Анализируемые показатели имели следующие характеристики по выборке: среднее (M), минимальное значение (min), 1 квартиль (Q1), медиана (Md), 3 квартиль (Q3), максимальное значение (max). Показатели кальциноза коронарных артерий: индекс Агатсона общий: M – 53,13; min – 0; Q1 – 0; Md – 4; Q3 – 56,5; max – 588. ИК ЛНА: M – 38,47; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 37,5; max – 405. ИК ЛОА: M – 6,8; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 0; max – 85. ИК ПКА: M – 11,64; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 0; max – 161.

Показатели стеноза (%) коронарных артерий: ЛНА в прокс. сегм.: M – 13; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 25; max – 70. ЛНА в средн. сегм.: M – 6,45; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 15; max – 40. ЛНА в дист. сегм.: M – 2,18; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 0; max – 40. ЛОА в прокс. сегм.: M – 4,09; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 0; max – 40. ЛОА в средн. сегм.: M – 1,91; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 0; max – 40. ЛОА в дист. сегм.: M – 2,55; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 0; max – 45. ПКА в прокс. сегм.: M – 4,82; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 0; max – 40. ПКА в средн. сегм.: M – 4,73; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 0; max – 45. ПКА в дист. сегм. (%): M – 2,27; min – 0; Q1 – 0; Md – 0; Q3 – 0; max – 35.

Степень кальциноза была наибольшей в бассейне ЛНА, где среднее значение ИК составило 38,47; наименьший кальциноз выявлен в бассейне ЛОА, где среднее значение ИК составило 6,80, достоверно отличаясь от ЛНА ($p < 0,01$), а в бассейне ПКА среднее значение ИК составило 11,64, достоверно отличаясь только от ИК в ЛНА ($p < 0,05$). Для определения соотношения выраженности кальциноза коронарных арте-

рий и степени их стеноза использован регрессионный анализ. Независимой переменной можно считать степень кальциноза (ИК), который формируется вследствие длительного процесса, и у пациентов старшего возраста его можно считать постоянным. Напротив, коронарный стеноз может прогрессировать как при наличии кальциноза, так и при его отсутствии. Анализ включал степень стеноза в проксимальных, средних и дистальных сегментах артерий. В диапазоне имеющих значений ИК от 0 до 600 и степени стеноза от 0 до 70%, указанные параметры имели следующие результаты по корреляции и детерминации.

В бассейне ЛНА выраженность стеноза ее проксимального сегмента была связана с ИК линейной регрессией, определяемой уравнением: $y=0,16x+7,04$ (Рис. 1), с коэффициентами парной корреляции $r=0,64$ и детерминации $R^2=0,41$, и значимостью регрессии и корреляции по критериям Фишера (F) и Стьюдента (t) $p<0,05$.

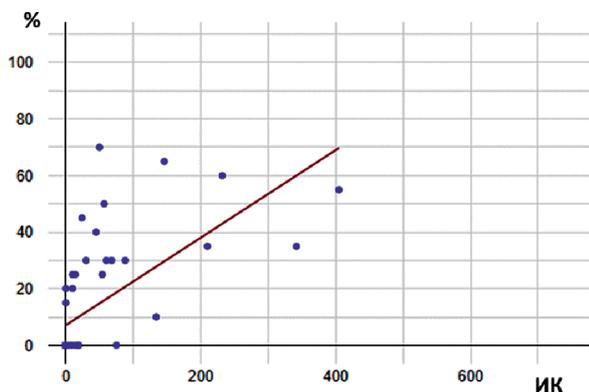


Рисунок 1. Зависимость стеноза (%) и кальциноза (ИК) в проксимальном сегменте ЛНА
Figure 1. The dependence of stenosis (%) and calcification index (CI) in the proximal segment of left descendant artery (LDA)

Для среднего сегмента ЛНА взаимосвязь между ИК и стенозом практически отсутствовала ($y=0,01x+6,09$, $r=0,07$, $R^2=0,01$, $p>0,05$ по крит. F и t). В дистальном сегменте ЛНА стеноз также не показал достоверной линейной зависимости от ИК ($y=0,02x+1,46$, $r=0,21$, $R^2=0,04$, $p>0,05$ по крит. F и t). Однако, эти показатели оказались связаны квадратичной регрессией, имевшей вид: $y=0,14x-0,03$ $r=0,51$ и $R^2=0,26$, $p<0,05$ по крит. F (Рис. 2).

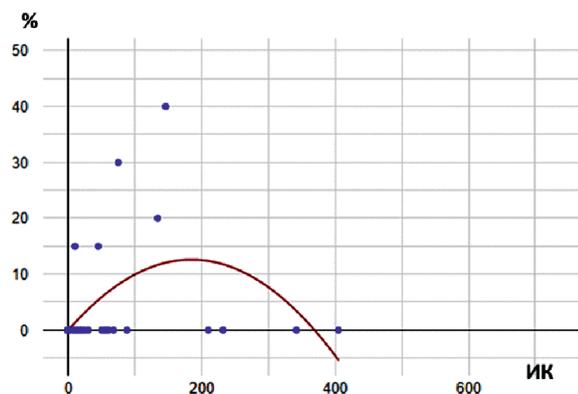


Рисунок 2. Зависимость стеноза (%) и кальциноза (ИК) в дистальном сегменте ЛНА
Figure 2. The dependence of stenosis (%) and calcification index (CI) in the distal segment of left descendant artery (LDA)

Уравнение квадратичной зависимости в общем случае имеет вид: $y=ax^2+bx+c$, но в данном случае: $a=\Delta a/\Delta \approx 0$, в связи с чем оно приобретает вид: $y=bx+c$.

Для бассейна ЛОА взаимосвязь стеноза ее проксимального сегмента и ИК имела достоверную линейную зависимость вида: $y=0,2x+2,7$ (Рис. 3), $r=0,37$, $R^2=0,14$ ($p<0,05$ по крит. F и t).

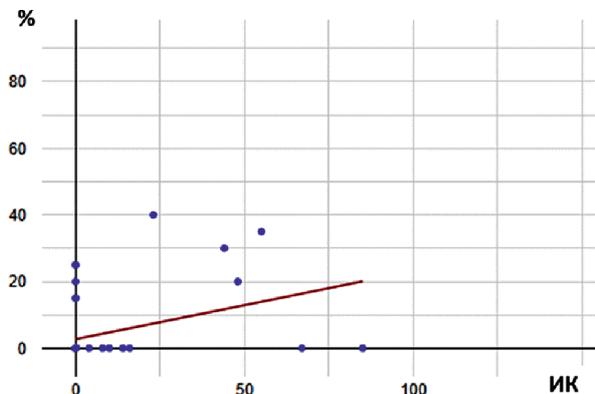


Рисунок 3. Зависимость стеноза (%) и кальциноза (ИК) в проксимальном сегменте ЛОА
Figure 3. The dependence of stenosis (%) and calcification index (CI) in the proximal segment of left circumferential artery (LCA)

В среднем сегменте ЛОА взаимосвязь также имела вид линейной регрессии $y=0,3x-0,15$, $r=0,72$, $R^2=0,51$ ($p<0,05$ по крит. F и t). При этом коэффициенты корреляции и детерминации во втором случае были значительно выше, чем таковые для проксимального сегмента. В дистальном сегменте ЛОА стеноз не имел достоверной линейной зависимости от ИК ($y=0,12x+1,71$, $r=0,25$, $R^2=0,06$, $p>0,05$ по крит. F и t). Однако, эти показатели имели зависимость вида квадратичной регрессии: $y=-0,01x^2+0,59x+1,13$, $r=0,38$, $R^2=0,15$, $p<0,05$ по крит. F (Рис. 4).

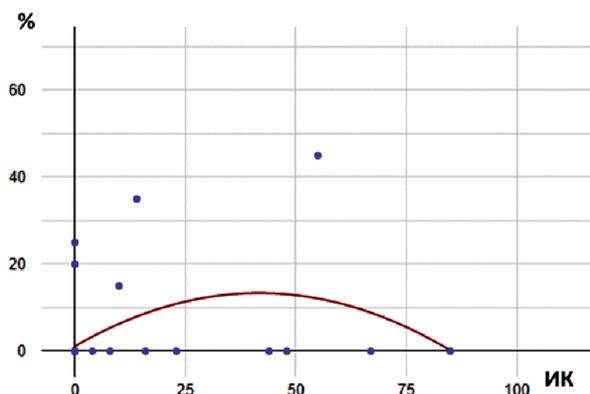


Рисунок 4. Зависимость стеноза (%) и кальциноза (ИК) в дистальном сегменте ЛОА
Figure 4. The dependence of stenosis (%) and calcification index (CI) in the distal segment of left circumferential artery (LCA)

В проксимальном сегменте ПКА зависимость стеноза и ИК имела линейный характер (Рис. 5): $y=0,28x+1,56$, $r=0,79$, $R^2=0,63$, $p<0,05$ по крит. F и t.

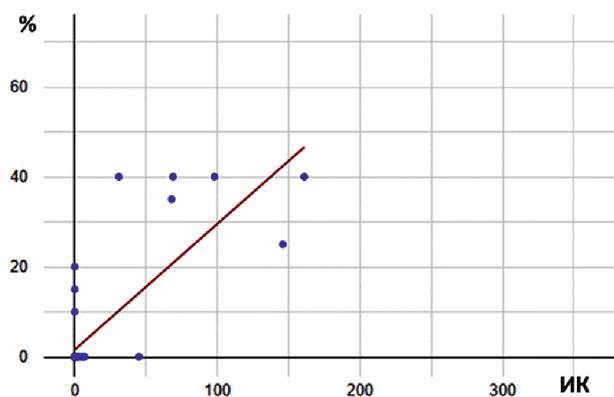


Рисунок 5. Зависимость стеноза (%) и кальциноза (ИК) в проксимальном сегменте ПКА
Figure 5. The dependence of stenosis (%) and calcification index (CI) in the proximal segment of right coronary artery (RCA)

В среднем сегменте ПКА эта связь также имела линейный характер, хотя коэффициенты корреляции и детерминации были значительно ниже, чем в проксимальном: $y=0,1x+3,53$, $r=0,31$, $R^2=0,1$, $p<0,05$ по крит. F и t, что заметно отличает картину в ПКА от ЛОА. В дистальном сегменте ПКА связь степени стеноза и ИК могла быть достоверно описана как линейной, так и квадратичной регрессией. Квадратичная зависимость имела вид: $y=0,24x+0,33$ (аналогично ЛНА), $r=0,69$, $R^2=0,48$, $p<0,05$ по крит. F (Рис. 6). Линейная зависимость имела вид: $y=0,15x+0,51$, $r=0,68$, $R^2=0,47$, $p<0,05$ по крит. F и t. Сходство подкрепляется близкими значениями r и R^2 для обоих вариантов.

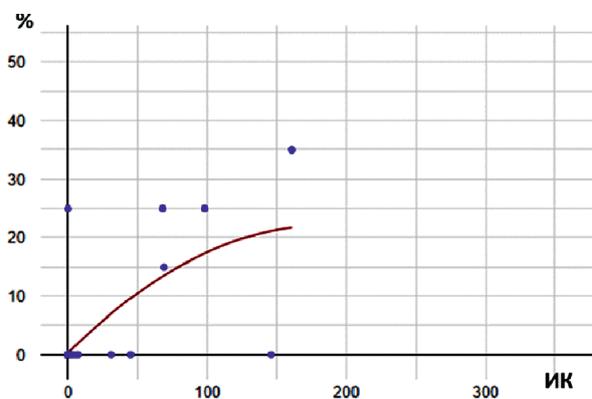


Рисунок 6. Зависимость стеноза (%) и кальциноза (ИК) в дистальном сегменте ПКА
Figure 6. The dependence of stenosis (%) and calcification index (CI) in the distal segment of right coronary artery (RCA)

Наибольшая степень кальциноза выявлена в бассейне ЛНА (ИК в среднем 38,47), наименьшая в бассейне ЛОА (6,80) и промежуточные значения ИК в бассейне ПКА (11,64). Наименьшая выраженность кальциноза в ЛОА может быть связана с особенностями ее атеросклеротического поражения, с ее меньшей распространенностью или с меньшим уровнем гемодинамической нагрузки, которая падает на нее при правом типе кровообращения. В то же время, хотя бассейн ПКА при

правом типе имеет достаточно широкую распространенность, среднее значение ИК в ПКА более чем трехкратно и достоверно ниже, чем в ЛНА.

Степень стеноза и выраженность кальциноза в коронарных артериях в большинстве случаев показали достоверную зависимость. В проксимальных сегментах всех артерий такая зависимость имеет линейный характер. Наиболее сильной она выявлена для ПКА ($r=0,79$, $R^2=0,63$) и ЛНА ($r=0,64$, $R^2=0,41$), и меньшей, но достоверной, для ЛОА ($r=0,37$, $R^2=0,14$). Иначе говоря, более кальцинированные АСБ создают больший стеноз, что представляется обоснованным. Большой размер АСБ предполагает более длительное время ее существования, что повышает степень ее кальциноза. АСБ в ЛНА и ПКА являются, как правило, наиболее крупными, а сами артерии при правом типе коронарного кровообращения сопоставимы по гемодинамической нагрузке.

Напротив, в средних сегментах высокую степень корреляции стеноза и кальциноза показала только ЛОА ($r=0,72$, $R^2=0,51$), тогда как она была значительно ниже для ПКА ($r=0,31$, $R^2=0,1$) и отсутствовала для ЛНА ($r=0,07$, $R^2=0,01$). Возможно, морфология АСБ связана не только с характером воспаления, но и с внешними факторами. В частности, средние сегменты ЛНА и ПКА проходят в межжелудочковых бороздах и во время сокращений сердца испытывают меньшее механическое воздействие от околосердечных тканей по сравнению с ЛОА, которая проходит по открытой выпуклой поверхности левого желудочка.

В дистальных сегментах всех артерий зависимость стеноза и кальциноза имела вид квадратичной регрессии, а коэффициенты корреляции и детерминации были наибольшими для ПКА ($r=0,69$, $R^2=0,48$), но имели средние значения для ЛНА ($r=0,51$, $R^2=0,26$) и ЛОА ($r=0,38$, $R^2=0,15$). Иначе говоря, в конечных участках артерий АСБ с большим кальцинозом не создают пропорционально большего стеноза, и это наиболее характерно для ПКА. Меньший стеноз, создаваемый кальцинированными АСБ в дистальных сегментах, может быть следствием меньшей протрузии бляшки в просвет сосуда в связи с меньшим внешним давлением миокарда на сосуд. Циркулярное напряжение в миокарде пропорционально длине его волокон, и дистальные сегменты коронарных артерий, располагаясь ближе к верхушке, испытывают меньшее давление со стороны миокарда. Следует отметить, что в бассейне ПКА связь стеноза и кальциноза может быть также достоверно описана и линейной зависимостью. Увеличение объема выборки может точнее определить характер взаимосвязи данных показателей.

Выводы. Коронарные артерии имеют различную выраженность кальциноза: наиболее он выражен в ЛНА, в значительно меньшей степени в ПКА и в наименьшей степени в ЛОА, что может быть связано с анатомической распространенностью и уровнем гемодинамической нагрузки. Степень стеноза и выраженность кальцификации демонстрируют различные варианты взаимосвязи в зависимости от артерии и уровня по сегментам. В проксимальных сегментах ЛНА и ПКА степень стеноза имеет сильную корреляцию с уровнем их кальциноза, что может быть следствием высокой гемодинамической нагрузки в начальных отделах обеих артерий. Для средних сегментов артерий взаимосвязь стеноза и кальциноза была наибольшей

в ЛОА, что, возможно, связано с ее анатомическим расположением. Таким образом, в проксимальных и средних сегментах артерий гемодинамическая значимость АСБ прямо пропорциональна степени ее кальциноза. Напротив, для дистальных сегментов всех трех артерий выявлена взаимосвязь степени стеноза и уровня кальциноза в виде квадратичной регрессии. Иначе говоря, высокая степень кальциноза АСБ в дистальных сегментах артерий не означает их пропорционально большей гемодинамической значимости. Таким образом, в дистальных сегментах коронарных артерий выражено кальцинированные АСБ могут создавать сравнительно меньшую степень стеноза, чем аналогичные АСБ, расположенные в более проксимальных сегментах. Сделанные выводы нуждаются в дальнейшем уточнении на большем объеме выборки.

Степень прозрачности. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в разработке концепции, дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом центра. От каждого участника было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании

Список литературы / References.

1. Arnett DK, Blumenthal RS, Albert MA, et al. 2019 ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines. *Circulation*. 2019; 140: e596-646. DOI: 10.1161/CIR.000000000000067
2. Cano-Mejias M, Bouarich H, Guisado-Vasco P, et al. Coronary artery calcification in patients with diabetes mellitus and advanced chronic kidney disease. *Endocrinol Diabetes Nutr (Engl Ed)*. 2019 May; 66(5):297-304. DOI: 10.1016/j.endinu.2018.09.003
3. Lemanowicz A, Bialecki M, Leszczynski W, et al. Coronary age, based on coronary calcium measurement, is increased in patients with morbid obesity. *Pol J Radiol*. 2018;83:e415-e420. DOI: 10.5114/pjr.2018.78624
4. Shavadia JS, Vo MN, Baine KR. Challenges With Severe Coronary Artery Calcification in Percutaneous Coronary Intervention: A Narrative Review of Therapeutic Options. *Can J Cardiol*. 2018 Dec; 34(12):1564-1572. DOI: 10.1016/j.cjca.2018.07.482
5. Williams MC, Moss AJ, Dweck M, et al. Coronary Artery Plaque Characteristics Associated With Adverse Outcomes in the SCOT-HEART Study. *J Am Coll Cardiol*. 2019 Jan 29;73(3):291-301. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.10.066
6. Pawade T, Sheth T, Guzzetti E, et al. Why and How to Measure Aortic Valve Calcification in Patients With Aortic Stenosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019 Sep; 12(9): 1835-1848. DOI:10.1016/j.jcmg.2019.01.045
7. Kwon SH, Lerman LO. Atherosclerotic renal artery stenosis: current status. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2015 May;22(3):224-31. DOI: 10.1053/j.ackd.2014.10.004.
8. Karcaaltincaba M, Aktas A. Dual-energy CT revisited with multidetector CT: review of principles and clinical applications. *Diagn Interv Radiol*. 2011 Sep; 17(3): 181-94. DOI:10.4261/1305-3825.DIR.3860-10.0. Epub 2010 Nov 14
9. Chen Y, Hu Z, Li M, et al. Comparison of Nongated Chest CT and Dedicated Calcium Scoring CT for Coronary Calcium Quantification Using a 256-Detector Row CT Scanner. *Acad Radiol*. 2019 Oct;26(10):e267-e274. DOI:10.1016/j.acra.2018.12.005
10. Mitchell JD, Cehic DA, Morgia M, et al. Cardiovascular Manifestations From Therapeutic Radiation: A Multidisciplinary Expert Consensus Statement From the International Cardio-Oncology Society. *JACC CardioOncol*. 2021 Sep 21;3(3):360-380. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.06.003
11. Bergom C, Bradley JA, Ng AK, et al. Past, Present, and Future of Radiation-Induced Cardiotoxicity: Refinements in Targeting, Surveillance, and Risk Stratification. *JACC CardioOncol*. 2021 Sep 21;3(3):343-359. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.06.007
12. Cainzos-Achirica M, Miedema MD, McEvoy JW, et al. Coronary artery calcium for personalized allocation of aspirin in primary prevention of cardiovascular disease in 2019: the MESA study (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis). *Circulation*. 2020; 141: 1541-1553. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.045010
13. Gupta A, Lau E, Varshney R, et al. The identification of calcified coronary plaque is associated with initiation and continuation of pharmacological and lifestyle preventive therapies: a systematic review and meta-analysis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017; 10: 833-42. DOI: 10.1016/j.jcmg.2017.01.030
14. Blaha MJ, Mortensen MB, Kianoush S, et al. Coronary Artery Calcium Scoring: Is It Time for a Change in Methodology? *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017 Aug; 10(8): 923-937. DOI: 10.1016/j.jcmg.2017.05.007
15. Cosgrove C, Mahadevan K, Spratt JC, et al. The Impact of Calcium on Chronic Total Occlusion Management. *Interv Cardiol*. 2021 Oct 20; 16: e30. DOI: 10.15420/icr.2021.01
16. Zheng J, Lu B.J. Current Progress of Studies of Coronary CT for Risk Prediction of Major Adverse Cardiovascular Event (MACE). *Cardiovasc Imaging*. 2021 Oct; 29(4): 301-315. DOI: 10.4250/jcvi.2021.0016
17. Blaha MJ, Cainzos-Achirica M, Greenland P, et al. Role of coronary artery calcium score of zero and other negative risk markers for cardiovascular disease: the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). *Circulation*. 2016; 133: 849-58. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.018524