

Изучение перфузии миокарда методом объемной компьютерной томографии сердца, совмещенной с пробой аденозинтрифосфатом, у пациентки с безболевым ишемией миокарда и атеросклерозом коронарных артерий

Г.Н. Соболева¹, С.А. Гаман¹, С.К. Терновой^{1,2}, Ю.А. Карпов¹, А.А. Минасян¹, М.А. Шария^{1,2}, В.Н. Шитов¹, В.М. Миронов¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, Москва, Россия;

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Аннотация

В клиническом наблюдении демонстрируются диагностические возможности объемной компьютерной томографии (КТ) сердца с фармакологической пробой вазодилататором аденозинтрифосфатом (АТФ) в одновременной оценке коронарной анатомии и изменений перфузии миокарда левого желудочка (ЛЖ) у пациентки с безболевым ишемией миокарда и атеросклерозом коронарных артерий. У пациентки 68 лет с ишемической болезнью сердца (ИБС), атеросклеротическими изменениями коронарных артерий проведена объемная КТ сердца в сочетании с фармакологической пробой АТФ. Исследование выполнено на компьютерном томографе Aquilion ONE 640 Vision Edition (Toshiba, Япония). Оценка перфузии миокарда ЛЖ осуществлялась в сопоставлении с другими клинико-лабораторными и инструментальными методами обследования. Представлены результаты клинико-инструментального обследования больной с низкой предтестовой вероятностью ИБС. С позиций современных рекомендаций по стабильной ИБС обсуждаются ложнонегативные результаты однофотонной эмиссионной КТ сердца и стресс-эхокардиографии. Клиническое наблюдение демонстрирует возможности диагностики ишемии миокарда ЛЖ методом объемной КТ сердца с фармакологической пробой АТФ, подтвержденной инвазивным определением фракционного резерва кровотока. Приведенный клинический пример представляет преимущество объемной КТ сердца, совмещенной с фармакологической пробой АТФ, как метода визуализации перфузии миокарда ЛЖ в выявлении ишемии миокарда.

Ключевые слова: объемная компьютерная томография сердца, фармакологическая проба с аденозинтрифосфатом, перфузия миокарда левого желудочка, ишемия миокарда левого желудочка.

Для цитирования: Соболева Г.Н., Гаман С.А., Терновой С.К. и др. Изучение перфузии миокарда методом объемной компьютерной томографии сердца, совмещенной с пробой аденозинтрифосфатом, у пациентки с безболевым ишемией миокарда и атеросклерозом коронарных артерий. *Терапевтический архив*. 2020; 92 (4): 76–79. DOI: 10.26442/00403660.2020.04.000201

The study of myocardial perfusion by cardiac volumetric computed tomography, combined with adenosine triphosphate test, in a patient with painless myocardial ischemia and atherosclerosis of the coronary arteries

G.N. Soboleva¹, S.A. Gaman¹, S.K. Ternovoy^{1,2}, Yu.A. Karpov¹, A.A. Minasyan¹, M.A. Shariya^{1,2}, V.N. Shitov¹, V.M. Mironov¹

¹National Medical Research Center for Cardiology, Moscow, Russia;

²Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

The presented clinical observation demonstrates the diagnostic capabilities of cardiac volumetric computed tomography (CT) with a pharmacological test by a vasodilator adenosine triphosphate (ATP) in the simultaneous assessment of coronary anatomy and changes in left ventricular myocardial perfusion (LV) in a patient with painless myocardial ischemia and coronary atherosclerosis. A 68-year-old patient with coronary heart disease (CHD) and atherosclerotic changes in the coronary arteries underwent cardiac volumetric CT in combination with a ATP pharmacological test. The study was performed on a Aquilion ONE 640 Vision Edition computer tomograph (Toshiba, Japan). Assessment of LV myocardial perfusion was carried out in comparison with other clinical, laboratory and instrumental examination methods. The results of clinical and instrumental examination of a patient with a low pre-test probability of coronary heart disease are presented. From the standpoint of modern recommendations on stable coronary heart disease, false-negative results of single-photon emission computed tomography of the heart and stress-echocardiography are discussed. Clinical observation demonstrates the feasibility of diagnosing LV myocardial ischemia by cardiac volumetric CT combined with ATP pharmacological test, confirmed by an invasive determination of the fractional flow reserve. The given clinical example represents the advantage of cardiac volumetric CT, combined with the ATP pharmacological test, as a method for visualizing LV myocardial perfusion in detecting myocardial ischemia.

Key words: coronary artery disease, cardiac volumetric computed tomography, computed tomography perfusion, adenosine triphosphate pharmacological test.

For citation: Soboleva G.N., Gaman S.A., Ternovoy S.K., et al. The study of myocardial perfusion by cardiac volumetric computed tomography, combined with adenosine triphosphate test, in a patient with painless myocardial ischemia and atherosclerosis of the coronary arteries. *Therapeutic Archive*. 2020; 92 (4): 76–79. DOI: 10.26442/00403660.2020.04.000201

АД – артериальное давление
АТК – артерия тупого края
АТФ – аденозинтрифосфат
КА – коронарная артерия
КТ – компьютерная томография
ЛЖ – левый желудочек
ЛПНП – липопротеиды низкой плотности

ПКА – правая коронарная артерия
ПНА – передняя нисходящая артерия
ФРК – фракционный резерв кровотока
ХС – холестерин
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЭКГ – электрокардиография
ЭхоКГ – эхокардиография

Введение

С позиций современных рекомендаций более высокой чувствительностью и специфичностью в диагностике ишемии миокарда по сравнению с обычными нагрузочными тестами (тредмил-тест, ВЭМ-тест, стресс-ЭхоКГ) обладают методы визуализации перфузии миокарда [1], среди которых перспективным представляется метод объемной компьютерной томографии (КТ) сердца, соединяющей проведение неинвазивной коронарной КТ-ангиографии и КТ-перфузии миокарда с фармакологическим тестом. Объемная КТ сердца с фармакологической пробой аденозинтрифосфатом (АТФ) позволяет анализировать полуколичественные показатели нарушений перфузии миокарда левого желудочка (ЛЖ) у пациентов с различной степенью поражения коронарного русла, что дает возможность оценить тяжесть атеросклеротических изменений, наиболее полно визуализировать коронарную анатомию и одновременно оценивать гемодинамическую значимость в генезе ишемии миокарда ЛЖ выявленных поражений коронарных артерий (КА).

Предпочтение использования объемной КТ сердца определяется ее неинвазивностью, высокой временной и пространственной разрешающей способностью – возможностью получать одновременно 640 срезов толщиной 0,5 мм за один сердечный цикл, захватывая всю область сердца, определять анатомическое расположение зоны дефектов перфузии, определять степень сужений в КА с чувствительностью более 90% [2, 3]. Характер изменений КА, количественные параметры и анатомическая локализация дефектов перфузии, дополненные фармакологической пробой с вазодилататором (АТФ), могут позволить дифференцировать ишемию миокарда ЛЖ, вызванную атеросклеротическими бляшками или нарушениями микроциркуляции, а также оценить параметры перфузии миокарда ЛЖ, сопоставить области гипоперфузии с бассейнами пораженных КА и, соответственно, оценить гемодинамическую значимость этих поражений.

В настоящей статье приведен клинический случай выявления ишемического дефекта перфузии миокарда ЛЖ методом объемной КТ сердца, совмещенной с фармакологической пробой АТФ, у пациентки с отрицательными результатами пробы с физической нагрузкой [стресс-эхокардиография (ЭхоКГ)] при гемодинамически значимом стенозе КА.

Сведения об авторах:

Гаман Светлана Анатольевна – к.м.н., науч. сотр. отд. томографии ФГБУ «НМИЦ кардиологии». ORCID: 0000-0002-2165-3911

Терновой Сергей Константинович – акад. РАН, д.м.н., проф., рук. отд. томографии ФГБУ «НМИЦ кардиологии», зав. каф. лучевой диагностики и лучевой терапии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). ORCID: 0000-0002-7841-599X

Карпов Юрий Александрович – д.м.н., проф., рук. отд. ангиологии ФГБУ «НМИЦ кардиологии». ORCID: 0000-0003-1480-0458

Минасян Аревик Арменовна – аспирант отд. ангиологии ФГБУ «НМИЦ кардиологии». ORCID: 0000-0002-9695-0881

Шария Мераб Арчилович – д.м.н., вед. науч. сотр. отд. томографии ФГБУ «НМИЦ кардиологии», проф. каф. лучевой диагностики и лучевой терапии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). ORCID: 0000-0002-0370-5204

Шитов Виктор Николаевич – к.м.н., мл. науч. сотр. отд. ультразвуковых методов исследования ФГБУ «НМИЦ кардиологии». ORCID: 0000-0002-0370-5204

Миронов Всеволод Михайлович – к.м.н., врач отд. рентгенэндоваскулярных методов лечения ФГБУ «НМИЦ кардиологии». ORCID: 0000-0002-2323-4059

Клиническое наблюдение

Пациентка З., 68 лет, госпитализирована в отдел ангиологии в марте 2018 г. с жалобами на одышку при физической нагрузке (подъем по лестнице на 2-й этаж), проходящую в покое в течение 1–2 мин, а также повышение артериального давления (АД) до 160/90 мм рт. ст., сопровождающееся головокружением.

С 2003 г. отмечает повышение АД с максимальными подъемами до 260/190 мм рт. ст. Перенесла кровоизлияние в сетчатку глаза на фоне высокого АД. Амбулаторно рекомендована гипотензивная терапия, однако больная рекомендациям не придерживалась. В 2013 г. возникли жалобы на одышку и перебои в работе сердца, сохранялась артериальная гипертензия. Со слов пациентки, при лабораторном исследовании выявлена гиперхолестеринемия: общий холестерин (ХС) 8,0 ммоль/л, ХС липопротеидов низкой плотности (ЛПНП) 6,0 ммоль/л. Назначена гипотензивная, гиполипидемическая терапия, однако пациентка рекомендаций не соблюдала. В 2017 г. обратилась в поликлинику по месту жительства в связи с сохраняющейся одышкой, снижением толерантности к нагрузкам, проведен комплекс обследований: суточное мониторирование ЭКГ – основной ритм синусовый, средняя частота сердечных сокращений (ЧСС) 63 уд/мин, ишемической динамики не зарегистрировано, 4 суправентрикулярные экстрасистолы. Выполнен тредмил-тест, проба отрицательная при достижении субмаксимальной ЧСС. Регулярную терапию не получала. В январе 2018 г. появилась одышка при подъеме на 2-й этаж. Обратилась в поликлинику, выполнена ЭхоКГ, по данным которой глобальная сократительная функция ЛЖ не нарушена, фракция выброса ЛЖ 80%, зон нарушения локальной сократимости нет. Сформулирован клинический диагноз: гипертоническая болезнь II стадии, 3-й степени, риск 4, и рекомендована терапия: ацетилсалициловая кислота 75 мг/сут, симвастатин 40 мг/сут, периндоприл 4 мг/сут. В связи с сохраняющимися жалобами госпитализирована в ФГБУ «НМИЦ кардиологии» для обследования и определения дальнейшей тактики.

Из анамнеза известно, что мать пациентки страдала артериальной гипертензией, перенесла острое нарушение мозгового кровообращения в возрасте 80 лет. Курение, употребление алкоголя пациентка отрицает. Менопауза с 50 лет.

По данным ультразвуковой доплерографии брахиоцефальных артерий выявлен стеноз 60% в устье правой наружной сонной артерии. Сопутствующие заболевания: недостаточность кардии, поверхностный гастрит, киста правой почки, глаукома компенсированная, артериальная гипертония.

Объективный статус при поступлении: рост – 154 см, масса тела – 63 кг. Индекс массы тела – 27.

Состояние средней тяжести, положение активное. При физикальном осмотре патологические отклонения не выявлены. Область сердца: визуально не изменена. Границы относительной сердечной тупости не изменены. Тоны сердца ясные, патологических шумов нет. Ритм правильный; ЧСС 68 уд/мин. АД на правой и левой руке 170/102 мм рт. ст. Пульсация периферических сосудов не изменена.

Контактная информация:

Соболева Галина Николаевна – д.м.н., вед. науч. сотр. отд. ангиологии, ИКК им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии». Тел.: +7(916)151-09-44; e-mail: soboleva_galina@inbox.ru; ORCID: 0000-0002-6484-5884



Рис. 1. ЭКГ от 20.03.2018: ритм синусовый, ЧСС 67 уд/мин.

Данные лабораторно-инструментального обследования

ЭКГ от 20.03.2018: ритм синусовый, ЧСС 67 уд/мин (рис. 1). Общие анализы крови и мочи, коагулограмма – без клинически значимых отклонений. В биохимическом анализе крови: общий ХС 6,93 ммоль/л, ХС ЛПНП 5,25 ммоль/л, в остальном – значения в референсных пределах. Суточное мониторирование ЭКГ: основной ритм синусовый, средняя ЧСС – 59 уд/мин, максимальная ЧСС – 117 уд/мин, минимальная ЧСС – 48 уд/мин. Эпизод депрессии сегмента ST $-0,9$ мм продолжительностью 6 мин, сопровождался одышкой, зарегистрирован во время физической нагрузки; 15 одиночных наджелудочковых экстрасистол. Паузы не зарегистрированы. ЭхоКГ от 22.03.2018: уплотнение стенок аорты, створок аортального клапана с развитием аортальной регургитации 1-й степени. Полости сердца не расширены, стенки не утолщены. Зон нарушения локальной сократимости миокарда ЛЖ не выявлено, глобальная сократимость миокарда ЛЖ удовлетворительная (фракция выброса 60%). Признаков легочной гипертензии не выявлено. Ультразвуковое исследование почек и почечных артерий от 22.03.2018: небольшое расширение чашечно-лоханочной системы почек. Киста правой почки. Симметричный кровоток без признаков гемодинамически значимого стенозирования. Скоростные показатели в пределах нормальных значений. Дуплексное сканирование экстракраниального отдела брахиоцефальных артерий от 27.03.2018: стеноз до 60% в устье правой наружной сонной артерии, в остальном – без гемодинамически значимого стенозирования.

Предгестовая вероятность ишемии миокарда составляла 28%. С учетом жалоб на одышку, данных суточного мониторирования ЭКГ, невозможности проведения проб с физической нагрузкой вследствие нестабильности уровня АД 23.03.2018 выполнена диагностическая коронароангиография. Заключение: тип кровоснабжения правый. Ствол левой коронарной артерии не изменен. Передняя нисходящая артерия (ПНА) на границе проксимального и среднего сегментов стенозирована на 70%, в среднем сегменте после отхождения крупной диагональной артерии стенозирована на 80%, в дистальном сегменте с неровными контурами. Диагональная артерия (крупная ветвь) с неровными контурами. Огибающая артерия в проксимальной трети от устья стенозирована до 40%, далее с неровными контурами. Первая артерия тупого края (АТК) в устье стенозирована на 70%, далее с неровными контурами. Вторая АТК с неровными контурами. Правая коронарная артерия (ПКА) в про-

ксимальном сегменте с неровными контурами, в среднем сегменте ряд стенозов до 90%, далее неровные контуры.

На основании полученных данных одышка при нагрузке расценена как эквивалент стенокардии, в связи с чем принято решение о необходимости реваскуляризации миокарда. Выполнено чрескожное коронарное вмешательство со стентированием ПКА стентом Xience 2,5×28 мм. Вмешательство прошло без осложнений.

На фоне лечения отмечалось улучшение состояния: уменьшение одышки, некоторое увеличение толерантности к нагрузке, стабилизация АД до 130/80 мм рт. ст. Пациентка выписана.

После выписки наблюдалась амбулаторно с апреля по июль 2018 г. Одышка сохранялась, однако толерантность к нагрузкам несколько возросла. В связи с сохранением одышки повторно госпитализирована в ФГБУ «НМИЦ кардиологии» 03.07.2018. При поступлении: физикально – без значимой динамики. Стабилизация АД до 130/70 мм рт. ст. Общие анализы крови и мочи, коагулология – без значимой динамики по сравнению с предыдущими. В биохимическом анализе крови на фоне гиполипидемической терапии – положительная динамика (снижение общего ХС до 5,09 ммоль/л, ХС ЛПНП до 3,4 ммоль/л). ЭКГ от 03.07.2018: ритм синусовый, регулярный. ЧСС – 59 уд/мин. Отклонение электрической оси сердца влево. Суточное мониторирование ЭКГ от 04.07.2018: основной ритм синусовый, ЧСС 60/121/44 уд/мин. Эпизод депрессии сегмента ST $-0,7$ мм при ЧСС 83 уд/мин продолжительностью 2 мин (меньшей продолжительности и глубины, чем при первой госпитализации). Эпизодов элевации сегмента ST не выявлено; 26 одиночных наджелудочковых экстрасистол, 2 пробежки наджелудочковой тахикардии. Паузы не зарегистрированы. Рентгенография органов грудной клетки от 05.07.2018: умеренно выраженный диффузный пневмосклероз, в остальном – без патологии. ЭхоКГ от 05.07.2018: без динамики по сравнению с предыдущей.

С целью верификации ишемии 05.07.2018 выполнена стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой: на максимуме нагрузки наблюдалась косовосходящая депрессия сегмента ST до $0,5-1,0$ мм в I, II, aVF, с V5 по V6 или с переходом в горизонтальную в периоде восстановления. Искодно и на максимуме нагрузки зон нарушения локальной сократимости миокарда ЛЖ не отмечалось. Толерантность к физической нагрузке средняя. Проба на выявление скрытой коронарной недостаточности отрицательная. Учитывая отрицательные данные стресс-ЭхоКГ, с целью выявления возможных дефектов перфузии миокарда ЛЖ как проявления ишемии 05.07.2018 проведена объемная КТ сердца с пробой с АТФ, протокол проведения которой опубликован нами ранее [4]. Выявлены стенозы 70–75% в проксимальном и среднем сегменте ПНА и устье некротической 1-й АТК. Проходимый стент в ПКА. В покое дефектов перфузии миокарда ЛЖ не определялось (рис. 2, а, 3, а, см. цветную вставку). В пробе с АТФ визуализируется стресс-индуцированный дефект перфузии миокарда среднего и верхушечного сегментов передней стенки и среднего сегмента боковой стенки ЛЖ (рис. 2, б, 3, б, см. цветную вставку).

Учитывая выявленный дефект перфузии миокарда ЛЖ по данным объемной КТ сердца и в связи с необходимостью определения функциональной значимости стенозов коронарных артерий 09.07.2018 проведено инвазивное исследование фракционного резерва кровотока (ФРК). Результаты: в среднем сегменте ПНА ФРК 0,76 – стеноз гемодинамически значимый (рис. 4, см. цветную вставку). В проксимальной трети огибающей артерии ФРК 0,96 – стеноз гемодинами-

чески незначимый. Стеноз 1-й АТК 80%, диаметр артерии 1,5 мм, эндоваскулярное лечение не показано. Проведено эндоваскулярное лечение ПНА, имплантирован стент Promus Premier 3,5×22 мм. После вмешательства наблюдается положительная динамика: уменьшение одышки, увеличение толерантности к физическим нагрузкам.

Обсуждение

На первом этапе обследования обоснованием для диагноза «ИБС. Безболевая ишемия миокарда» явилось наличие многососудистого атеросклеротического поражения коронарных артерий в совокупности с эпизодами безболевой ишемии миокарда, совпадавшими с физической нагрузкой и жалобами пациентки на одышку. При повторной госпитализации с целью определения показаний к реваскуляризации ПНА при стенозе 70% выполнена стресс-ЭхоКГ, которая при достижении субмаксимальной ЧСС не выявила зон нарушенной сократимости миокарда ЛЖ. Тем не менее с учетом жалоб больной на одышку и изменений ишемического характера ЭКГ при выполнении стресс-ЭхоКГ диагностический поиск с целью верификации ишемии миокарда ЛЖ расширен. Согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов по стабильной ИБС [1] наиболее высокой чувствительностью и специфичностью в выявлении ишемии миокарда ЛЖ обладают методы, оценивающие перфузию миокарда ЛЖ в сочетании с фармакологическими тестами (магнитно-резонансная

томография, однофотонная эмиссионная КТ, КТ). Учитывая 90% чувствительность КТ-ангиографии в оценке анатомических изменений в КА [2], а также высокую эффективность фармакологической пробы АТФ в выявлении ишемии миокарда ЛЖ по данным однофотонной эмиссионной КТ в наших исследованиях [5], в сочетании с КТ сердца зарубежных исследователей [6, 7], мы сочли целесообразным проведение объемной КТ сердца с фармакологической пробой АТФ у нашей пациентки с целью верификации ишемии миокарда ЛЖ в бассейне ПНА. В конечном итоге именно этот метод позволил с высокой точностью, сравнимой с инвазивным измерением ФРК, определить гемодинамическую значимость стеноза ПНА и показание к чрескожному коронарному вмешательству – стентированию ПНА.

Заключение

В данном клиническом случае подтверждена диагностическая значимость объемной КТ сердца с фармакологической пробой с АТФ в определении ишемии миокарда ЛЖ. Примененный нами неинвазивный метод диагностики, обладающий высокой разрешающей способностью, позволяет не только визуализировать изменения в КА, но и выявлять нарушения перфузии миокарда ЛЖ, обусловленные пограничными стенозами КА.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Guidelines of the management of stable coronary artery disease. ESC 2013. *Eur Heart J.* 2013;34:2949-30. doi: 10.1093/eurheart/ehd296
- Веселова Т.Н., Меркулова И.Н., Барышева Н.А. и др. Сравнение особенностей атеросклеротических бляшек в коронарных артериях у больных острым коронарным синдромом и стабильной формой ишемической болезни сердца по данным мультиспиральной компьютерной томографии. *Кардиология.* 2013;12:14-20 [Veselova TN, Merkulova IN, Barysheva NA, et al. Comparison of characteristics of atherosclerotic plaques with acute coronary syndrome and stable ischemic heart disease: Data of multispiral computed tomography. *Cardiology.* 2013;12:14-20 (In Russ.)].
- Барышева Н.А., Меркулова И.Н., Шабанова М.С. и др. Дефекты контрастирования миокарда у больных с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST по данным мультиспиральной компьютерной томографии. *Кардиология.* 2017;57(10):5-11 [Barysheva NA, Merkulova IN, Shabanova MS, et al. Myocardial Hypoenhancement on Multidetector Computed Tomography in Patients With Non-ST Elevation Acute Coronary Syndrome. *Cardiology.* 2017;57(10):5-11 (In Russ.)].
- Соболева Г.Н., Гаман С.А., Терновой С.К. и др. Нарушение перфузии миокарда левого желудочка при неизмененных коронарных артериях по данным объемной компьютерной томографии, совмещенной с фармакологической пробой аденозинтрифосфатом. *Российский электронный журнал лучевой диагностики. REJR.* 2018;8(3):273-8 [Soboleva GN, Gaman SA, Ternovoy SK, et al. Disturbance of myocardial perfusion in non-obstructive coronary arteries by volume computed tomography combined with adenosine triphosphate pharmacological test. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2018;8(3):273-8 (In Russ.)]. http://rejr.ru/volume/31/8.3.pdf?utm_medium=email&utm_source=UniSender&utm_campaign=1788887811 doi: 10.21569/2222-7415-2018-8-3-287-295
- Карпова И.Е., Самойленко Л.Е., Соболева Г.Н. и др. Применение однофотонной эмиссионной компьютерной томографии с ^{99m}Tc-МИБИ в сочетании с фармакологической пробой с аденозин-трифосфатом натрия в диагностике ишемии миокарда у больных с микроваскулярной стенокардией. *Кардиология.* 2014;7:4-8 [Karpova IE, Samoilenko LE, Soboleva GN, et al. Adenosine Triphosphate Stress ^{99m}Tc-MIBI Single-Photon Emission Computed Tomography in the Diagnosis Myocardial Ischemia in Patients With Microvascular Angina. *Cardiology.* 2014;7:4-8 (In Russ.)]. doi.org/10.18565/cardio.2014.7.4-8
- Van Rosendaal AR, Kroft LJ, Broersen A, et al. Relation between quantitative coronary CTA and myocardial ischemia by adenosine stress myocardial CT perfusion. *J Nucl Cardiol.* 2017;24(4):1253-62. doi: 10.1007/s12350-016-0393-7
- Gonzalez JA, Lipinski MJ, Flors L, et al. Meta-Analysis of diagnostic performance of coronary computed tomography angiography, computed tomography perfusion, and computed tomography-fractional flow reserve in functional myocardial ischemia assessment versus invasive fractional flow reserve. *Am J Cardiol.* 2015;116(9):1469-78. doi: 10.1016/j.amjcard.2015.07.078

Поступила 14.01.2019