

## ВОЗМОЖНОСТИ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ (МСКТ) В ОЦЕНКЕ КОРОНАРНОГО РУСЛА И ВЕНТРИКУЛОГРАФИИ В СРАВНЕНИИ С ИНТЕРВЕНЦИОННОЙ КОРОНАРОВЕНТРИКУЛОГРАФИЕЙ

Терновой С.К., Никонова М. Э., Акчурин Р.С.,  
Федотенков И. С., А.А. Ширяев А.А.

**Цель.** Оценить возможности метода МСКТ-коронарографии и вентрикулографии в сравнении с интервенционной коронаро- и вентрикулографией у пациентов перед маммарокоронарным (МКШ) и аортокоронарным (АКШ) шунтированием.

### Материалы и методы.

В исследование было включено 130 пациентов, всем пациентам были выполнены МСКТ-коронарография и инвазивная коронарография, из них 44 пациентам была выполнена МСКТ и интервенционная вентрикулография левого желудочка (ЛЖ).

### Результаты.

Чувствительность и специфичность метода МСКТ-коронароангиографии в сравнении с интервенционной коронароангиографией составили 99% и 99,6% соответственно. Положительная предсказательная ценность (ППЦ), отрицательная предсказательная ценность (ОПЦ) и диагностическая точность (ДТ) метода МСКТ-коронароангиографии составили 99,6%, 99,4%, 99,5% соответственно. Высокий коэффициент корреляции метода МСКТ-вентрикулографии и интервенционной вентрикулографии составил 0,81 при  $p \leq 0,01$ , что говорит о сильной линейной связи. Средняя разность между измерениями составляет  $-4,6$ , что говорит об отсутствии системного расхождения.

### Обсуждение.

Полученные данные при сравнении методов МСКТ-коронаровентрикулографии и интервенционной коронаровентрикулографии демонстрируют, что МСКТ является высокоточным методом диагностики атеросклероза коронарных артерий и оценки фракции выброса ЛЖ. Однако следует отметить, что по-прежнему сохраняются ограничения метода такие, как выраженный кальциноз коронарных артерий, аритмия и высокая частота сердечных сокращений.

### Выводы.

1. МСКТ-коронароангиография является высокоточным, эффективным и неинвазивным методом диагностики патологических изменений коронарного русла.
2. Сопоставимость данных МСКТ-вентрикулографии и интервенционной вентрикулографии позволяет говорить о включении в комплексный алгоритм обследования сердца методом МСКТ данную методику.
3. Метод МСКТ может быть рекомендован к применению в клинической практике как альтернатива традиционной коронаровентрикулографии.

**Ключевые слова:** мультиспиральная компьютерная томография, МСКТ-коронарография, вентрикулография левого желудочка, коронарные артерии, фракция выброса.

Институт кардиологии  
им. А.Л. Мясникова  
ФГБУ "Российский кардиологический научно-производственный комплекс Минздрава РФ".  
г. Москва, Россия

## CAPABILITIES OF MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE EVALUATION OF CORONARY ARTERIES AND VENTRICULOGRAPHY VERSUS INTERVENTIONAL CORONARY AND VENTRICULOGRAPHY

Ternovoy S.K., Nikonova M.E., Akchurin R.S., Fedotenkov I.S., Shiryayev A.A.

### Purpose.

Assess the potential of the method, MSCT coronary angiography and ventriculography versus interventional coronary and ventriculography in patients before CABG.

### Materials and Methods.

The study included 130 patients, all patients underwent coronary angiography, MSCT and invasive coronary angiography, of which 44 patients underwent MDCT and interventional ventriculography of the left ventricle (LV).

### Results.

The sensitivity and specificity of MSCT coronary angiography, compared with interventional coronarography were 99% and 99.6%, respectively. Positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV) and diagnostic accuracy (DA) of MSCT coronary angiography was 99.6%, 99.4%, 99.5%, respectively. High correlation coefficient method MSCT-ventriculography and interventional ventriculography was 0.81 at  $p \leq 0,01$ , indicates a strong linear relationship. The average difference between the measurements is -4.6, indicating no systematic differences.

### Talk.

These data comparison method MSCT-coronarography, ventriculography and Interventional coronarography, ventriculography demonstrate that MSCT is highly accurate method of diagnosis of coronary artery atherosclerosis and assess left ventricular ejection fraction. However, it should be noted that there are still limitations of the method, such as the expression of calcification of the coronary arteries, arrhythmia and high heart rate.

### Conclusions.

1. MSCT coronary angiography is highly accurate, effective and non-invasive method for diagnosis of coronary artery lesions.
2. Comparability of data MDCT ventriculography and Interventional ventriculography suggests the inclusion of an integrated algorithm for the examination of the heart using MSCT this technique.
3. MSCT method can be recommended for use in clinical practice as an alternative to traditional coronarography and ventriculography.

Keywords: multidetector computed tomography, MSCT-coronary angiography, ventriculography of the left ventricle, ejection fraction, coronary artery.

Cardiology Research Centre Russian Federation. Moscow, Russia I.M. Sechenov First Moscow State Medical University. Moscow, Russia

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) является наиболее частой причиной смерти, ежегодно в мире от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) умирает около 17 млн. человек, в России – 1,3 миллиона человек, из них около 600 000 человек – от ИБС. В общей структуре смертности в России в 2000 году ССЗ являлись причиной смертности в 55,3 % случаев [1].

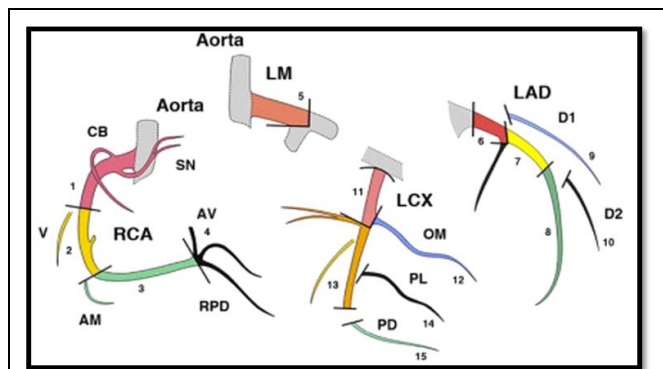
Смертность от болезней системы кровообращения в России в первые 7 месяцев 2012

года составила 747,1 человека на 100 тысяч населения. Это несколько меньше, чем в 2011 году, когда показатель был 781 на 100 тысяч [2].

Среди всех сердечно-сосудистых заболеваний ишемическая болезнь сердца (ИБС) является наиболее частой причиной смерти, около 600 000 человек в год. Основной причиной ИБС является отложение атеросклеротических бляшек в крупных и средних коронарных артериях. Атеросклероз коронарных артерий начинается

Таблица №1. Распространенность КИН у пациентов с сопутствующей патологией.

| Характеристики |         | Количество | %      |
|----------------|---------|------------|--------|
| Возраст        |         | 59±8,6 лет | -      |
| Пол            | Мужчины | 108        | 83,07% |
|                | Женщины | 22         | 16,93% |
| ИМ в анамнезе  |         | 78         | 73%    |



**Рис. 1. Сегменты коронарных артерий согласно Американской ассоциации кардиологов (АНА).**

неожиданно, так как бляшки распределены неравномерно в коронарных артериях. Распределение атеросклеротических бляшек очень вариабельно, вследствие чего своевременное выявление и успешное лечение являются крайне важными и актуальными задачами современной медицины.

«Золотым» стандартом в оценке проходимости коронарных артерий является инвазивная коронароангиография (КАГ) [3], однако этот метод сопряжен с риском возникновения осложнений таких, как инфаркт миокарда (ИМ), острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), нарушения сердечного ритма, неадекватная гемодинамика, перфорация сердца, травма сосудов, используемых для доступа [3,4].

МСКТ-коронарография – неинвазивный метод, позволяющий детально визуализировать просвет коронарных артерий с высокой диагностической точностью, позволяющий избежать осложнений, характерных для КАГ.

В купном исследовании Mowatt et al.,

Heart [5] был произведен мета-анализ 40 различных исследований, в которых сравнивали КАГ с МСКТ-коронарографией. Всего было проанализировано 1286 пациентов и 14199 сегментов. Анализ производился отдельно по пациентам и по сегментам коронарных артерий. При анализе по пациентам чувствительность и специфичность метода составила – 99% (97-99%) и 89% (83-94%). Положительная прогностическая ценность и отрицательная прогностическая ценность составили – 93% (64-100%). Неинвазивная МСКТ-коронарография может стать методом выбора для оценки проходимости коронарных артерий.

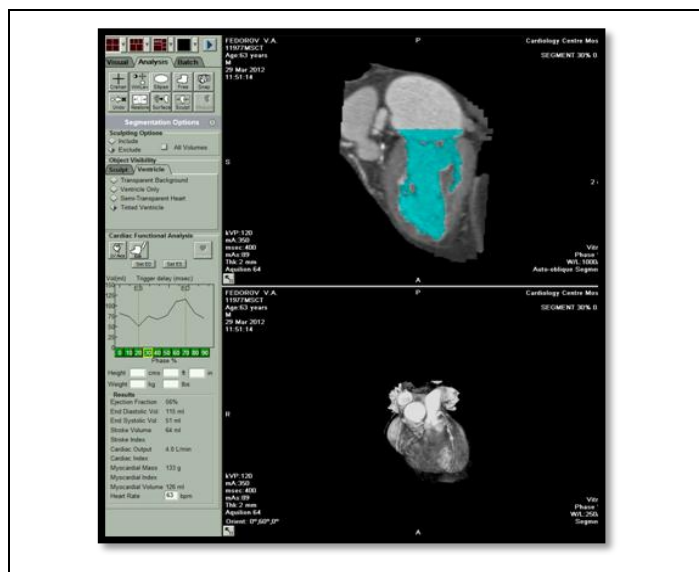
Одновременно с оценкой проходимости коронарных артерий возможна оценка фракции выброса левого желудочка. Подсчет фракции выброса левого желудочка имеет важное прогностическое и терапевтическое значение для пациентов, страдающих дисфункцией левого желудочка (ЛЖ) [6,7,8]. В исследованиях Koki Nakamura et al.[9] сравнивали ФВ ЛЖ методами МСКТ-вентрикулографии и интервенционной вентрикулографии у 71 пациента, коэффициент корреляции составил 0,836 (p=0,01).

**Цель исследования.**

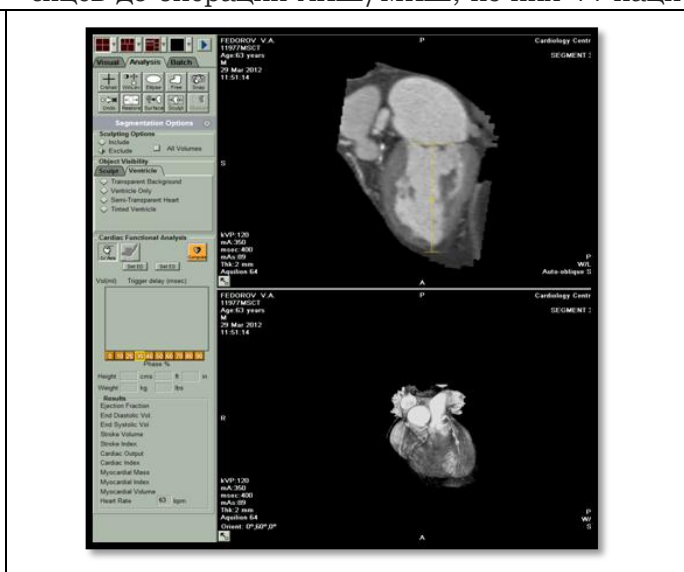
Оценить возможности метода МСКТ-коронарографии и вентрикулографии в сравнении с интервенционной коронаро- и вентрикулографией у пациентов перед маммарокоронарным (МКШ) и аортокоронарным (АКШ) шунтированием.

**Материалы и методы.**

130 пациентам за неделю перед предстоящей операцией АКШ/МКШ была выполнена МСКТ-коронарография, из них 44 пациентам - МСКТ-вентрикулография левого желудочка (ЛЖ). Для определения чувствительности и специфичности МСКТ-коронарографии всем пациентам была произведена КАГ в течение 6 месяцев до операции АКШ/МКШ, из них 44 паци-



**Рис. 2. Автоматическая трассировка эндокардиального контура.**



**Рис. 3. Ручная трассировка эндокардиального контура.**

ентам также была выполнена коронароангиография.

Средний возраст пациентов составил 59±8,6 лет, преобладали пациенты мужского пола 108(83,07%), инфаркт миокарда (ИМ) в анамнезе имели 78(73%). (Табл. 1).

Исследование было выполнено на томографе Aquilion 64 (Toshiba, Japan). Возможность включения пациентов в исследование (противопоказания) была согласована с лечащим врачом, кроме того, с каждым пациентом была проведена беседа о наличии противопоказаний к проведению процедуры (нерегулярный пульс, аллергия на йодсодержащий контрастный препарат, почечная недостаточность (уровень креатинина не более 115 мкмоль/л)). Непосредственно перед исследованием у всех паци-

(FOV) – от уровня бифуркации трахеи до основания сердца. В основном оценивались фазы систолы и диастолы сердечного цикла (40% и 80% интервала R-R), однако для вычисления фракции выброса левого желудочка все исследования реконструировались по 2 мм во все фазы сердечного цикла (от 0% до 90% R-R), при необходимости из 2 миллиметровых срезов выбиралась наилучшая фаза или несколько фаз и реконструировались по 0,5 мм для оценки коронарных артерий.

Оценка проходимости коронарных артерий производилась на аксиальных срезах (2D), многоплоскостных реконструкциях (MPR), проекциях максимальной интенсивности (MIP) и 3D реконструкциях (VRT) на рабочих станциях Toshiba, Vitrea и Osirix. Оценку коронарных

**Таблица №2. Сравнительные данные МСКТ-коронарографии и КАГ.**

| Данные                     | Сегменты коронарных артерий |
|----------------------------|-----------------------------|
| Истинно положительные (ИП) | 512                         |
| Истинно отрицательные (ИО) | 974                         |
| Ложноположительные (ЛП)    | 2                           |
| Ложноотрицательные (ЛО)    | 5                           |

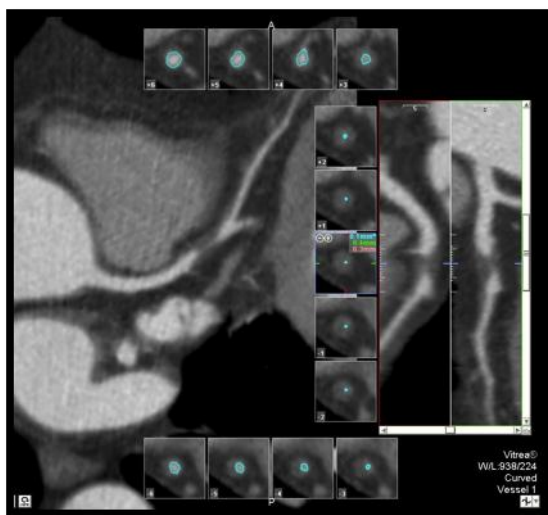
ентов дополнительно был собран аллергологический анамнез, получено информированное согласие на введение контрастного препарата. Во время исследования в локтевую вену пациентам вводили неионный контрастный препарат Ортигау (Тусо, Канада) из расчета 1,5-2,0 мл на кг веса со скоростью 4,5 мл/с. Исследование проводится лежа на спине в направлении от головы. Напряжение на трубке составляло – 120-140kV, временное разрешение – 100-200 мс, коллимация среза – 0,5 мм. толщина среза – 0,625 мм. Объем исследования

артерий производили по сегментам согласно Американской ассоциации кардиологов (АНА) (Рис. 1).

Степень стенозирования коронарных артерий определялась по следующим параметрам:

- Проходимая коронарная артерия – отсутствие стеноза или стеноз < 50%.
- Гемодинамически значимый стеноз – стеноз >50%.
- Окклюзия коронарной артерии.

Качество изображений оценивалось по следующим параметрам:



**Рис. 4,а**



**Рис. 4,б**

**Рис. 4. МСКТ-коронарография.**

а - Мультипланарная реконструкция. Субтотальный стеноз среднего сегмента ПНА, б - Объемный рендеринг. Субтотальный стеноз среднего сегмента ПНА.

- Отличное – изображение без артефактов.
- Хорошее – определяются артефакты от движения или от кальциноза, не препятствующие оценке просвета коронарных артерий.
- Плохое – выраженные артефакты от движения и/или кальциноза, препятствующие оценке просвета артерии.

Артерии диаметром менее 2 мм в исследовании не входили.

Только изображения отличного и хорошего качества использовались для оценки диагностической значимости МСКТ-коронарографии.

**МСКТ-вентрикулография.**

Для выполнения вентрикулографии производилась реконструкция из всего объема данных во все фазы сердечного цикла (от 0% до 90%) (Рис. 2). Данные анализировались на рабочей станции Vitrea, использовалось программное обеспечение для автоматической трассировки эндокардиального контура левого желудочка с возможной самостоятельной коррекцией данных (Рис. 2, Рис. 3).

**Результаты.**

**1. Сравнение МСКТ-коронарографии с КАГ.**

МСКТ-коронароангиография была выполнена 130 пациентам без значимых осложне-



**Рис. 5. КАГ.**  
Субтотальный стеноз среднего сегмента ПНА.

ний на внутривенное введение контрастного препарата. Всего было проанализировано 1715 сегментов коронарных артерий. Из анализа были исключены сегменты с плохим качеством изображения:

- 120 сегментов (6,9%) были исключены из-за артефактов от выраженного кальциноза коронарных артерий. Следует отметить, что количество исключенных сегментов не так велико, учитывая когорту больных, состоящую преимущественно из пациентов с трехсосудистым поражением коронарных артерий – 95,2% и III, IV классом стенокардии (58,8% и 24,7%).
- 102 сегмента (5,9%) были исключены из-за артефактов от движения.

После исключения сегментов с плохим качеством изображения в исследование вошло 1493 (87%) сегмента.

По данным КАГ было выявлено 639 гемодинамически значимых стенозов/окклюзий коронарных артерий. По данным МСКТ-коронарографии определялось 512 сегментов с гемодинамически значимыми стенозами/окклюзиями, 974 сегмента имели неизменённый просвет или гемодинамически незначимые стенозы. При сравнении сегментов коронарных артерий (с отличным и хорошим качеством изображения) с данными КАГ определялись следующие показатели (Табл. 2, Рис. 4 (А, Б), Рис. 5).

Чувствительность и специфичность метода МСКТ составили 99% и 99,6%. Положительная предсказательная ценность – 99,6%, отрицательная предсказательная ценность – 99,4%. Диагностическая точность – 99,3% (Табл. 3).

Было выявлено 2 ложноположительных результата: у одного пациента по данным КАГ не было выявлено стенозов правой коронарной артерии, однако при МСКТ определялась мягкая бляшка с точечным кальциноматом в устье ЗМЖВ (Рис. 6 (А - В)).

Во втором случае по данным КАГ ствол ЛКА был проходим, однако по данным МСКТ определялась мягкая бляшка с точечным кальциноматом, стенозирующая 60% просвета с признаками ремоделинга (Рис. 7).

Было выявлено 5 ложноотрицательных результатов: два стеноза в проекции ствола ЛКА и три стеноза в проекции ПКА, ОА и АТК.

**Таблица №3. Оценка диагностической эффективности.**

| Значения                                      | Результаты (%) |
|---|----------------|
| Чувствительность                              | 99%            |
| Специфичность                                 | 99,6%          |
| Положительная предсказательная ценность (ППЦ) | 99,6%          |
| Отрицательная предсказательная ценность (ОПЦ) | 99,4%          |
| Диагностическая точность (ДТ)                 | 99,5%          |

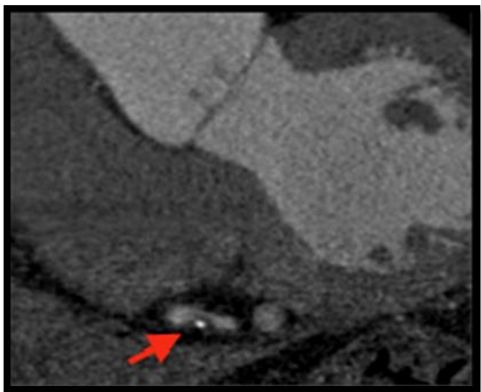


Рис. 6,а

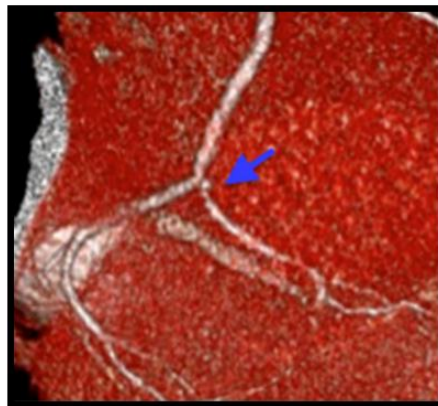


Рис. 6,б

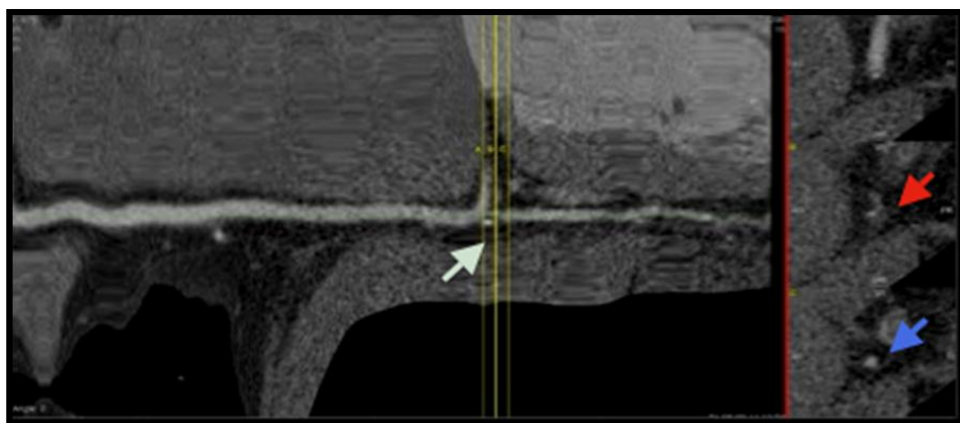
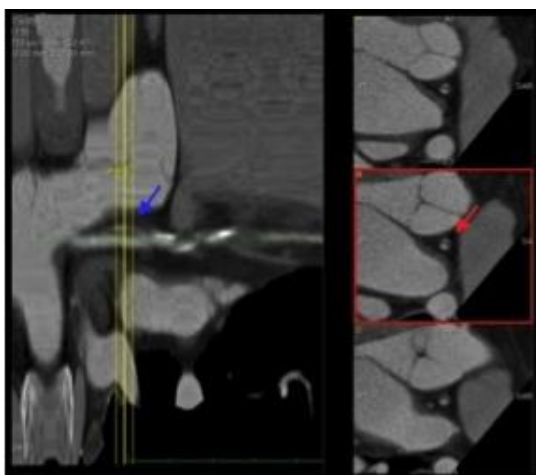


Рис. 6,в

**Рис. 6. МСКТ-коронарография.**

а - МПР. Мягкая бляшка с точечным кальциноматом в устье ЗМЖВ; б - Объемный рендеринг. Дефект наполнения в устье ЗМЖВ, точечный кальциномат; в - МПР. Реконструкция вдоль сосуда, поперечные сечения сосуда в области стеноза. Белая стрелка – мягкая бляшка с точечным кальциноматом в устье ЗМЖВ. Красная стрелка – суженный просвет устья ЗМЖВ до 70-75%. Синяя стрелка – нормальный просвет артерии дистальнее стеноза.



**Рис. 7. МСКТ-коронарография.**

Мягкая бляшка с точечным кальциноматом. Реконструкция вдоль сосуда, синяя стрелка – мягкая бляшка в проекции ствола ЛКА. Красная стрелка – поперечное сечение сосуда в области стеноза.

Данные приведены в таблице 4.

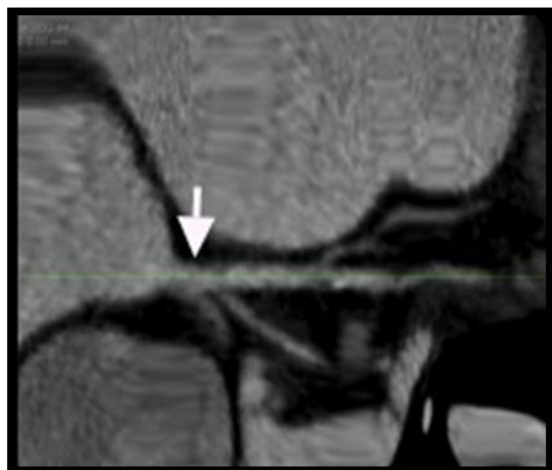
В обоих случаях ложноотрицательных данных в проекции ствола ЛКА отмечается небольшая его протяженность, из-за чего при установке катетера при КАГ возможна погрешность в оценке стенозирования.

В остальных случаях определяется небольшая разница в выявлении стеноза в 20-30%, но только в отношении стенозов, не превышающих 50%.

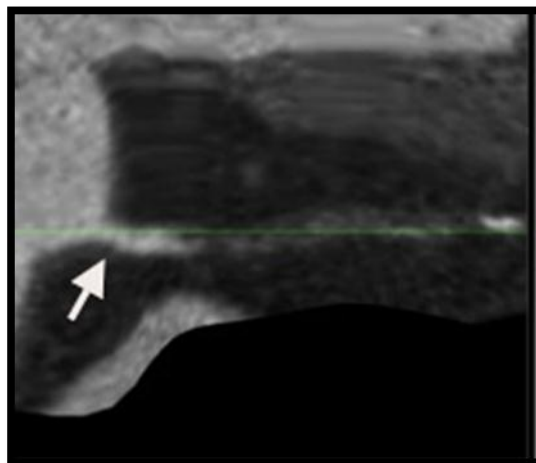
**2. Сравнение МСКТ-вентрикулографии с интервенционной коронаровентрикулографией.**

МСКТ-вентрикулография и интервенционная коронаровентрикулография были выполнены 44 пациентам без осложнений на введение контрастного препарата. Средний возраст пациентов составил – 58,8 лет. В исследуемой группе у 30 пациентов отмечался ИМ в анамнезе.

Коэффициент корреляции при сравнении двух методов измерения фракции выброса



**Рис. 8. МСКТ. МПР.**  
 Проходимый ствол ЛКА. По данным КАГ стеноз 60%.



**Рис. 9. МСКТ. МПР.**  
 Мягкая бляшка, стенозирующая 20% ствола ЛКА. По данным КАГ стеноз 50%.

**Таблица №4. Ложноотрицательные результаты по данным МСКТ.**

| Коронарные артерии | КА | МСКТ |
|--------------------|----|------|
| Ствол              | 60 | 0    |
| Ствол              | 50 | 20   |
| ПКА                | 50 | 30   |
| ОА                 | 50 | 20   |
| АТК                | 50 | 0    |

ЛЖ составил  $-0,81$  при  $p \leq 0,01$ , что говорит о сильной линейной связи (Рис. 10).

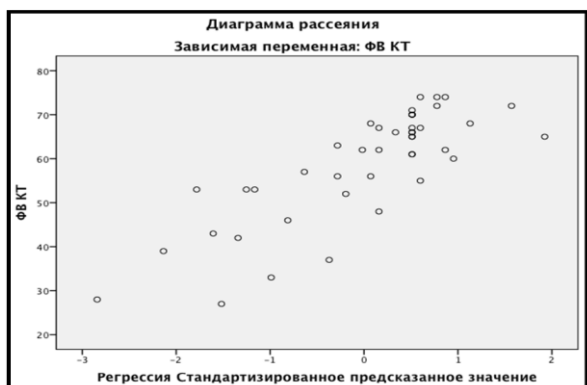
Для оценки согласованности двух результатов применялся метод Блэнда-Альтмана, на Рис. 11 изображены разности долей для каждого усреднённого значения.

**Обсуждения результатов.**

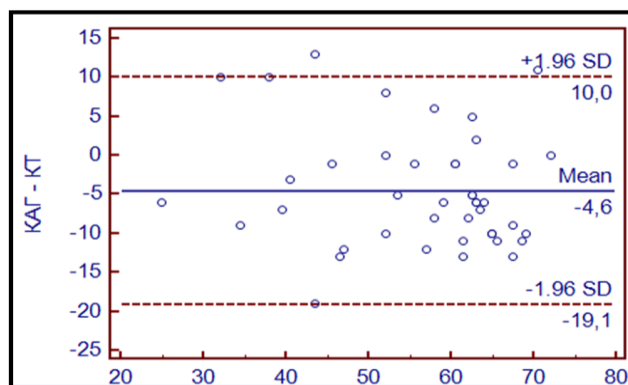
**1. Сравнение МСКТ-коронарографии с КАГ.**

Наше исследование показало отличные результаты в оценке проходимости коронарных артерий по сравнению с интервенционной коронарографией; чувствительность и специфич-

ность метода составили 99% и 99,6% соответственно. ППЦ, ОПЦ и ДТ составили 99,6%, 99,4%, 99,5% соответственно. Столь высокие показатели позволяют сделать вывод, что МСКТ-коронарография является прекрасным, высокоточным методом диагностики атеросклероза коронарных артерий. Однако следует отметить, что по-прежнему сохраняются ограничения метода такие, как выраженная кальцификация коронарных артерий, аритмия и высокое ЧСС. Кроме того, при ремоделинге артерий, по данным КАГ отмечается неизменен-



**Рис. 10. Диаграмма рассеяния** фракции выброса ЛЖ по данным измерений коронаро-вентрикулографии и МСКТ-вентрикулографии.



**Рис. 11. Сравнение результатов по методу Блэн-да-Альтмана.**

ный просвет, однако при МСКТ-коронарографии видна бляшка, растущая эксцентрично.

## 2. Сравнение МСКТ-вентрикулографии с интервенционной коронаровентрикулографией.

Данные корреляционного анализа и метода Блэнда-Альтмана позволяют сделать ряд выводов:

- высокий коэффициент корреляции 0,81 при  $p \leq 0,01$  говорит о сильной линейной связи;
- средняя разность между измерениями составляет  $-4,6$ , что говорит об отсутствии системного расхождения;
- стандартное отклонение разностей составило  $7,4$ , что невелико по сравнению с самими значениями;
- отсутствует зависимость разности измерений

### Список литературы:

1. Ю. Шевченко, О. Шепин. Смертность населения РФ в 1999 г. Медицинский курьер No.1-2, 2001.
2. Росстат. «Смертность населения от болезней системы кровообращения»
3. Практические рекомендации АСС/АНА по коронарографии. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН основан в 2000 г. Общие вопросы том 3. №8 август 2002.
4. Н.М. Данилов, Ю.Г. Матчин, Т.Т. Горгадзе, И.Е. Чазова, А.П. Савченко. Показания к проведению коронарной ангиографии. Consilium Medicum Болезни сердца и сосудов Том 01/N 1/2006.
5. 64-Slice computed tomography angiography in the diagnosis and assessment of coronary artery disease: systematic review and meta-analysis. G Mowatt, J A Cook, G S Hillis, S Walker, C Fraser, X Jia, N Waugh. Health Technology Assessment 2008; Vol. 12: No. 17.
6. White HD, Norris RM, Brown MA, Brandt PW, Whitlock RM, Wild CJ. Left ventricular end-systolic volume as the major de-

terminant of survival after recovery from myocardial infarction.

Таким образом, измерения, полученные обоими способами, хорошо согласуются друг с другом.

### Выводы.

1. МСКТ- коронароангиография является высокоточным эффективным и неинвазивным методом диагностики патологических изменений коронарного русла.
2. Сопоставимость данных МСКТ-вентрикулографии и интервенционной вентрикулографии позволяет говорить о включении в комплексный алгоритм обследования сердца методом МСКТ данную методику.
3. Метод МСКТ может быть рекомендован к применению в клинической практике как альтернатива традиционной коронаровентрикулографии.

terminant of survival after recovery from myocardial infarction. Circulation 1987;76: 44-51.

7. Multicenter Postinfarction Research Group. Risk stratification and survival after myocardial infarction. N Engl J Med 1983;309:331-6.
8. St John Sutton M, Pfeffer MA, Moye L, et al. Cardiovascular death and left ventricular remodeling two years after myocardial infarction: baseline predictors and impact of long-term use of captopril: information from the Survival and Ventricular Enlargement (SAVE) trial. Circulation 1997;96:3294-9.
9. Quantitative 4-dimensional volumetric analysis of left ventricle in ischemic heart disease by 64-slice computed tomography: a comparative study with invasive left ventriculogram. Koki Nakamura a , Nobusada Funabashi a , Masae Uehara a , Kazushi Suzuki b , Makoto Terao b , Kenji Okubo b , Yuzuru Mita b , Fumiaki Maeda b , Issei Komuro a. International Journal of Cardiology 129 (2008) 42-52.