

## АНГИО-ФРК: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДИКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

\*Капранов М.С.<sup>1,2</sup>, Курносов С.А.<sup>1</sup>, Азаров А.В.<sup>1,3</sup>, Ющенко В.В.<sup>2</sup>

3.1.1 - Рентгенэндоваскулярная хирургия (медицинские науки)  
 3.1.15 - Сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки)  
 3.1.20 - Кардиология (медицинские науки)  
 3.1.25 - Лучевая диагностика (медицинские науки)

<sup>1</sup>ГБУЗ МО МОНИКИ им.М.Ф.Владимирского

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»)

Кафедра инновационных медицинских технологий

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский университет)

Кафедра интервенционной кардиоангиологии ИПО

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- ишемическая болезнь сердца
- методы оценки внутри-сосудистой физиологии
- ангио-ФРК
- искусственный интеллект
- оптимизация ЧКВ

### АННОТАЦИЯ:

Сложно представить современную эндоваскулярную операционную, в которой активно выполняются чрескожные коронарные вмешательства у пациентов с ишемической болезнью сердца, без современного оборудования и возможности оценки внутрисосудистой физиологии. Исходя из действующих отечественных и зарубежных рекомендаций по лечению пациентов со стабильной стенокардией, у пациентов со стенокардией или ее эквивалентом, при условии отсутствия предшествовавшей верификации ишемии и наличии пограничных стенозов, применение оценки резерва кровотока рекомендуется перед выполнением ЧКВ. Развитие технологии искусственного интеллекта все чаще находит место в клинической медицине, в частности при анализе данных лучевых методов исследования. В последнее десятилетие, искусственный интеллект и алгоритмы анализа активно используется для оценки динамических изображений, таких как коронарограммы. Метод неинвазивной системы оценки ФРК, основанный на компьютерном анализе ангиографии с использованием искусственного интеллекта, получил название «ангио-ФРК» («angiography-based FFR»).

В статье описаны основные принципы выполнения ангио-ФРК, недостатки и преимущества, а также перспективы развития методики.

**Заключение:** ангио-ФРК является современной, но в то же время простой и безопасной методикой оценки резерва кровотока в коронарных артериях, однако, на данный момент, ее место не отражено в клинических рекомендациях. Вероятно, с накоплением опыта, внедрение такой методики анализа коронарной физиологии в постоянную клиническую практику сможет позволить в значительной мере и более широко - оптимизировать ЧКВ.

**Для цитирования.** Капранов М.С., Курносов С.А., Азаров А.В., Ющенко В.В. «АНГИО-ФРК: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДИКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)». Ж. ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ И ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ. 2024, 18(2.1): 22–28.

# ANGIOGRAPHY-BASED FFR: BASIC PRINCIPLES, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THE TECHNIQUE, DEVELOPMENT PROSPECTS (LITERATURE REVIEW)

\*Kapranov M.S.<sup>1,2</sup>, Kurnosov S.A.<sup>1</sup>, Azarov A.V.<sup>1,3</sup>, Yushchenko V.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Moscow Regional Clinical Research Institute named after M.F. Vladimirskiy

<sup>2</sup>Belgorod National Research University

Chair of innovation medical technologies

<sup>3</sup>First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University)

Chair of Interventional Cardioangiology of the Institute of Professional Education

## KEY-WORDS:

- coronary heart disease
- methods for assessing intravascular physiology
- angiography-based FFR
- artificial intelligence
- optimization of PCI

## ABSTRACT:

It is difficult to imagine a modern endovascular operating room, in which percutaneous coronary interventions are actively performed in patients with coronary artery disease, without modern equipment and the ability to assess intravascular physiology. Based on current domestic and foreign recommendations for the treatment of patients with stable angina, in patients with angina or its equivalent, in the absence of previous verification of ischemia and the presence of borderline stenoses, the use of an assessment of blood flow reserve is recommended before performing PCI. The development of artificial intelligence technology is increasingly finding a place in clinical medicine, in particular in the analysis of data from radiological research methods. In the last decade, artificial intelligence and analysis algorithms have been actively used to evaluate dynamic images such as coronary angiograms. The method of non-invasive FFR assessment system, based on computer analysis of angiography using artificial intelligence, is called "angiography-based FFR".

The article describes the basic principles of performing angiography-based FFR, disadvantages and advantages, as well as prospects for the development of the technique.

**Conclusion:** angiography-based FFR is a modern, but at the same time simple and safe method for assessing blood flow reserve in coronary arteries, however, at this moment, its place is not reflected in clinical recommendations. Probably, with the accumulation of experience, introduction of such technique for analyzing coronary physiology into regular clinical practice will be able to significantly and more widely optimize PCI.

## Введение

Сложно представить современную эндоваскулярную операционную, в которой активно выполняются чрескожные коронарные вмешательства (ЧКВ) у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС), без современного оборудования и возможности оценки внутрисосудистой физиологии. Исходя из действующих отечественных и европейских рекомендаций по лечению пациентов со стабильной стенокардией, у пациентов со стенокардией или ее эквивалентом, при условии отсутствия предшествовавшей верификации ишемии и наличии пограничных стенозов, применение оценки резерва кровотока (с гиперимией и без) рекомендуется перед выполнением ЧКВ (класс доказательности 1А), а применением данных методов является экономически обоснованным [1,2]. На основании проведенных исследований, ЧКВ, выполненные с применением оценки резерва кровотока, у пациентов со значимыми показателями (FFR <0,8 или iFR <0,89), превосходит медикаментозную терапию в период до 5 лет по частоте развития МАСЕ, преимущественно за счет снижения необходимости экстренных реваскуляризации в последующем [1-3]. Исходя из данных Российского регистра по использованию внутрисосудистых методов визуализации и физиологии (РеВИЗ), с 2021 по 2022 год отмечен практически двукратный (1,9) рост количества выполняемых функциональных исследований [4,5].

Несмотря на кажущуюся простоту исследования, данные методики не являются абсолютно безопасными, а их выполнение, в ряде наблюдений, может быть ассоциировано с риском интраоперационных осложнений.

Если при измерении моментального резерва кровотока (iFR),

риск осложнений связан, в основном, с проводник-ассоциированными повреждениями, то необходимость применения гиперемических препаратов при оценке фракционного резерва кровотока (FFR) в значительной мере увеличивает риск осложнений (3,1% против 30,8%), что особенно часто встречается у пациентов с многососудистым поражением коронарного русла, при оценке всех стенозов и многократном применении гиперемических препаратов [6,7]. Среди возможных осложнений применения гиперемических препаратов выделяют [8]:

- атрио-вентрикулярная блокада;
- бронхоспазм;
- удлинение интервала Q-T;
- желудочковым нарушениям ритма сердца;
- индивидуальная непереносимость.

Немаловажным является тот факт, что использование методики оценки внутрисосудистой физиологии, увеличивают длительность операции, а следовательно, дозу облучения и объем вводимого контрастного вещества [9,10].

### Ангио-ФРК

Развитие технологии искусственного интеллекта (ИИ) все чаще находит место в клинической медицине, в частности при анализе данных лучевых методов исследования. В последнее десятилетие, ИИ и алгоритмы анализа активно используются для оценки динамических изображений, таких как коронарограммы. На основании исследования характеристик движения контрастного вещества по артериям, производится анализ, позволяющий комплексно оценить большое количество параметров, в числе которых - оценка резерва кровотока.

Метод неинвазивной системы оценки ФРК, основанный на компьютерном анализе ангиографии с использованием искусственного интеллекта, получил название «ангио-ФРК» («angiography-based FFR») [11].

На данный момент существует несколько различных фирм-производителей, выпускающих программное обеспечение и оборудование, выполняющее ангио-ФРК. Данная продукция, преимущественно, представляет собой портативные устройства (наиболее часто - ноутбуки с программным обеспечением) в которые производится загрузка данных коронарографии с цифровых носителей (диск или USB флеш-накопитель).

**Общие принципы выполнения ангио-ФРК**

Одной из наиболее важных основ, для получения объективных результатов ангио-ФРК, остается коронарография, методика являющаяся оператор-зависимой, от качества которой зависит результат исследования. В большинстве представленных вариантов ангио-ФРК для полноценного анализа требуется не менее 2х ортогональных проекций, на которых целевой стеноз визуализируется без перекрытия ракурсов. Для более точной оценки требуется адекватное контрастирование со съемкой не менее 15 кадров в секунду, а для контрастирования предпочтительно использовать направляющие катетеры 6Fr. Важно отметить, что анализ ангио-ФРК возможен только при оценке серий, на которых не производилось движение столом [12].

Ограничения метода являются исследования, выполненные у пациентов [12]:

- с нестабильной гемодинамикой;
- кровотоком <TIMI3;
- шунтированными артериями;
- устьевыми поражениями;
- конкурентный кровоток.

Важно отметить, что под «устьевыми поражениями» разработчики программного обеспечения подразумевают стенозы в устьях правой и ствола левой коронарных артерий (ПКА и ствол ЛКА), т.к. при данном поражении невозможно оценить параметры движения контрастного вещества до стеноза как референтное значение [13].

**Недостатки ангио-ФРК**

Можно выделить четыре основных недостатка метода [13]:

1. Зависимость - исследование зависит от качества выполняемой ангиографии, что является оператор-зависимой методикой. Кратковременное или нетугое наполнение

артерий контрастом, там и «перекрытие» зоны интереса делают объективную оценку невозможной;

2. Погрешность - точность анализа может быть снижена у пациентов с извитыми артериями или их эктазией, так как в таких случаях, возможно пристеночное депонирование контрастного вещества с его временной стагнацией, что нарушает корректность оценки;

3. Ограниченность - возможности методики лимитированы при устьевых поражениях (ПКА и ствол ЛКА), при нарушении ритма, а также при гипотонии и тахикардии;

4. Ограничения в ряде стран (включая Российскую Федерацию), регистрация зарубежного программного обеспечения является крайне сложным процессом, зачастую долговременным и трудоемким, в связи с чем, малое количество производителей пытаются выйти на рынок.

**Преимущества ангио-ФРК**

В сравнении с ограничениями и недостатками, ангио-ФРК обладает значительными преимуществами применения [13,14]:

1. Простота. Для получения результата достаточно только загрузить исследование в программу и выполнить несложный алгоритм анализа: выбрать наиболее удачные проекции для анализа, определить трек-линию артерии и скорректировать границы артерии (рис. 1) [15]. Не требуется производить ни дополнительных манипуляций (в сравнении с iFR или FFR) ни введения дополнительных препаратов (гиперемических агентов). В некоторых вариантах ПО достаточно даже единственной проекции для выполнения анализа (рис. 2) [16];

2. Безопасность. Во-первых, длительность оперативного вмешательства, а как следствие, объем вводимого контрастного вещества и доза лучевой нагрузки, значительно ниже, чем в сравнении с инвазивными методами оценки внутрисосудистой физиологии. Во-вторых, отсутствуют риск осложнений, связанных с использованием проводника-датчика и введения гиперемических агентов;

3. Быстрота. Длительность выполнения анализа, у большинства производителей, не превышает 5 минут;

4. Доступность. При наличии оборудования и программного обеспечения, установка которого в операционной гораздо менее трудозатратна и дешевле в сравнении с iFR/FFR, исследование не требует дополнительного расходного материала (проводник-датчик, линии давления,



**Рис. 1.** АнгиоФРК «FlashAngio caFFR». Алгоритм проведения анализа: а - определение трек-линии по исследуемой артерии (ПМЖА); б - коррекция границ артерии; в - результат: caFFR - 0,67.

камеры измерения инвазивного давления, гемодинамические станции). Также не требуется длительного обучения для работы с программным обеспечением;  
5. Точность. Методика позволяет получить раздельный анализ разных участков артерии в случае наличия несколь-

ких или tandemных стенозов, а также, в разных версиях ПО, позволяет при 2D и 3D-моделировании (рис. 3а). Выполнить оценку длины поражения и диаметра артерии («сайзинг»), что позволяет использовать данную функцию не только для диагностики, но и при планировании ЧКВ (рис. 3б) [17].

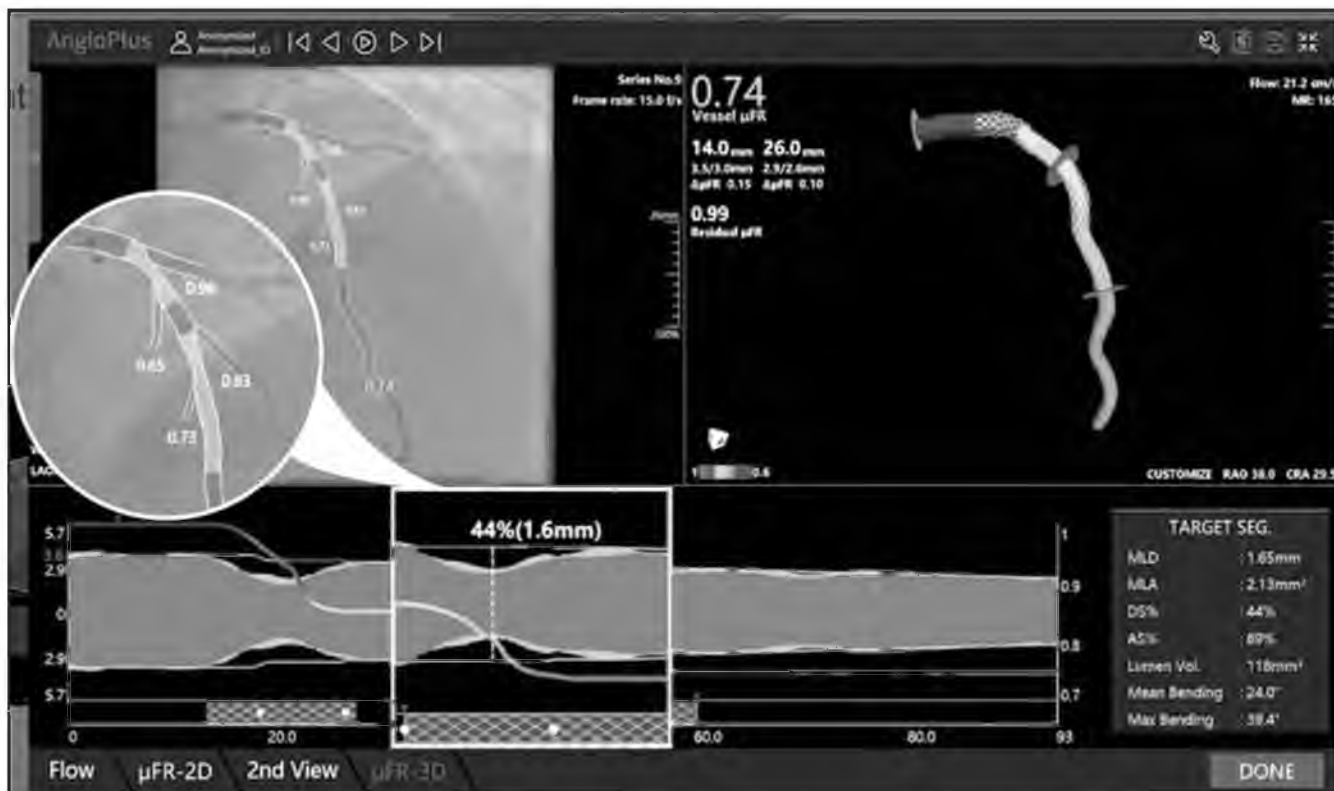


Рис. 2. АнгиоФПК « $\mu$ FR Pulse Medical»: однопроеционный анализ и автопланирование ЧКВ.

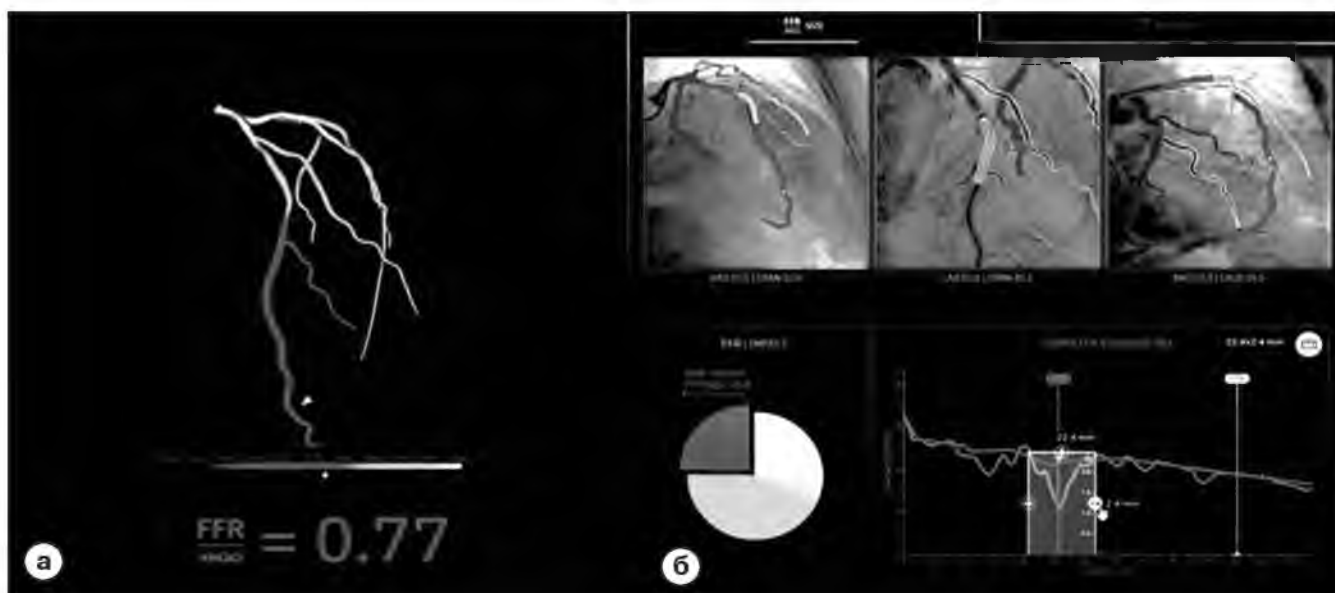


Рис. 3. АнгиоФПК «CathWorks FFRangio».

а - используя информацию из трех плоскостей изображения, ИИ генерирует истинную трехмерную объемную геометрию (3D-модель);

б - с возможностью оценить не только бассейн всей левой коронарной артерии, но и выполнить «сайзинг» поражения, а также смоделировать имплантацию стента.

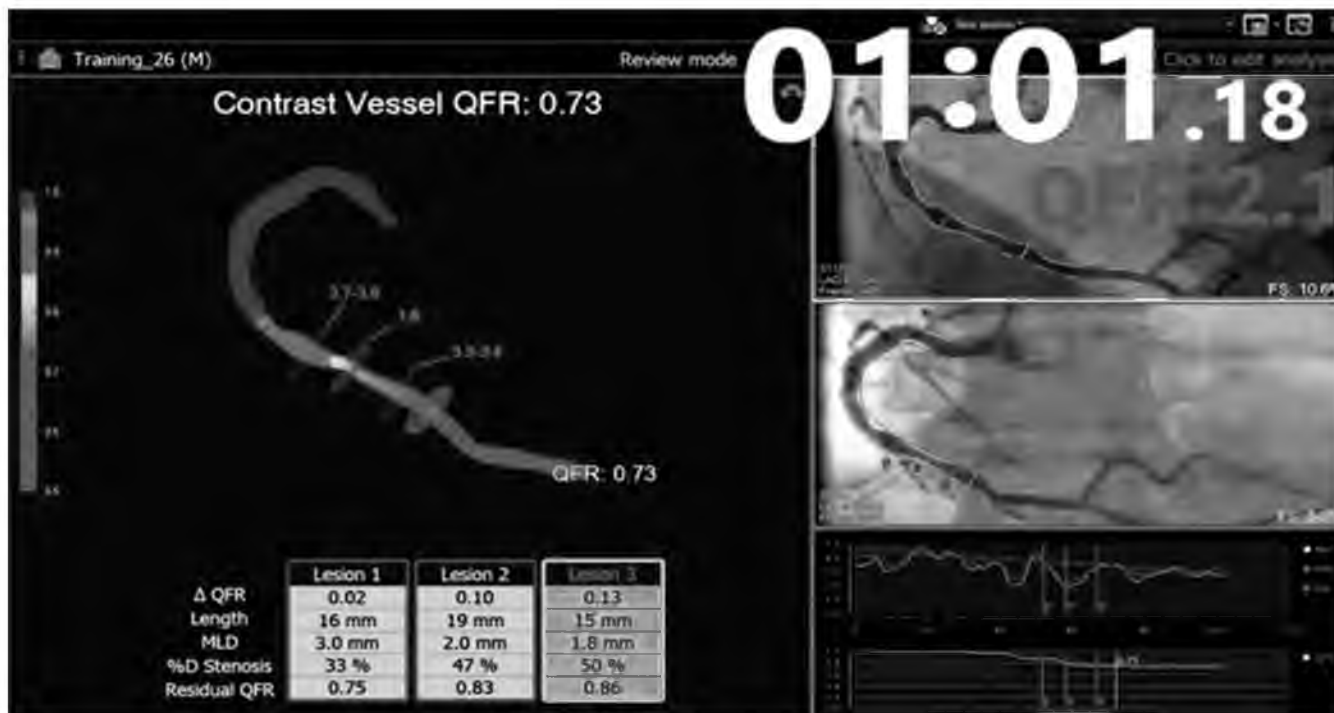


Рис. 4. АнгиоФПК «Medis QFR». При оценке двухуровневого поражения выявлен значимый стеноз с показателем QFR 0,73. Длительность выполнения анализа - чуть более 1 минуты.

У ряда производителей доступна также оценка показателя резерва кровотока при бифуркационных поражениях, однако вопрос оценки резерва кровотока является дискуссионным даже при использовании стандартных iFR/FFR;

6. Эффективность. Методика позволяет выявить «истинный» стеноз, вызывающий ишемию, что является важным при наличии многоуровневых стенозов артерии (рис. 4) [18];

7. Безальтернативность. Методика является безальтернативной, в сравнении с FFR, у пациентов с противопоказаниями к применению гиперемических растворов;

8. Стоимость. Стоимость ангио-ФПК в значительной степени ниже, чем iFR/FFR;

9. Централизованность. У большинства производителей существует единая глобальная сеть анализа полученных результатов, что позволяет в режиме реального времени получать, анализировать, систематизировать и, что самое главное - оптимизировать работу своего программного обеспечения.

#### Перспективы развития

Наиболее перспективным направлением развития данной методики является массовое внедрение в клиническую практику. Возможность установки оборудования для выполнения ангио-ФПК является более доступной, чем закупка модулей для измерения iFR/FFR для каждого ЧКВ-центра. Большой объем исследований и централизация всех данных позволит произвести систематизированный анализ большой выборки, что, безусловно, но со временем - приведет к модификации алгоритма ИИ и сделает возможной объективную оценку ангио-ФПК в группе пациентов, кому ранее это было невозможно (при выраженных извитостях, различных вариантах нарушения ритма, эктазиях коронарных артерий, гипотонии, а

также у пациентов с ОКС). Вероятно, ограничением для применения методики, останутся только устьевые поражения ПКА и ствола ЛКА.

С точки зрения технического прогресса, вторым направлением для развития может быть полная и независимая интеграция в ангиографические системы, когда данный вариант анализа будет производиться автоматически и оперирующий эндоваскулярный хирург будет получать данные ангио-ФПК, а также «сайзинг»-анализ непосредственно на экране, сразу после завершения съемки каждой из серий коронарографии. Такой вариант эволюции ПО позволит многократно сократить время оперативного вмешательства.

Также возможно объединить имеющиеся у разных производителей преимущества всех вариантов ПО с целью создания наиболее полноценной версии анализа, если можно сказать - «ultimate» ангио-ФПК. Данная версия, в случае ее сопряжения с режимами ротационной коронарографии, может одновременно, путем записи одной серии коронарографии - создавать 3D модель, с оценкой всех ветвей артерии и бифуркационных поражений, а также проводить автопланирование ЧКВ исходя из данных об ишемии.

#### Заключение

Ангио-ФПК является современной, но в то же время простой и безопасной методикой оценки резерва кровотока в коронарных артериях, однако, на данный момент, ее место не отражено в клинических рекомендациях. Вероятно, с накоплением опыта, внедрение такой методики анализа коронарной физиологии в постоянную клиническую практику сможет позволить в значительной мере и более широко - оптимизировать ЧКВ. ■

## Список литературы/References

1. Российское кардиологическое общество (РКО): Клинические рекомендации. *Стабильная ишемическая болезнь сердца*. 2023, 146. Russian Society of Cardiology (RSC): Clinical recommendations. Stable ischemic heart disease. 2023, 146 [In Russ].
2. Virani SS, Newby LK, Arnold SV, et al. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA guideline for the management of patients with chronic coronary disease: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2023; 148: e9-e119.  
<https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001168>
3. Xaplanteris P, Fournier S, Pijls NHJ, et al. Five-year outcomes with PCI guided by fractional flow reserve. *N Engl J Med*. 2018; 379: 250-259.
4. Демин В.В., Бабунашвили А.М., Шугушев З.Х. и др. Российский регистр по использованию внутрисосудистых методов визуализации и физиологии: итоги первого года. *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2022; 16(3): 27-39.  
Demin VV, Babunashvili AM, Shugushev ZKh, et al. The Russian Registry of the use of Intravascular Methods of Imaging and Physiology: the First-year Results. *J Diagnostic and Interventional Radiology*. 2022; 16(3): 27-39 [In Russ].  
<https://doi.org/10.25512/DIR.2022.16.3.03>
5. Демин В.В., Бабунашвили А.М., Кислухин Т.В. и др. Применение методов внутрисосудистой физиологии в клинической практике: двухлетние данные российского регистра. *Российский кардиологический журнал*. 2024; 29(2): 5622.  
Demin VV, Babunashvili AM, Kislukhin TV, et al. Application of intravascular physiology methods in clinical practice: two-year data from the Russian registry. *Russian Journal of Cardiology*. 2024; 29(2): 5622 [In Russ].  
<https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5622.EDNYUWLSY>
6. Sen S, Escaned J, Malik IS, et al. Development and validation of a new adenosine independent index of stenosis severity from coronary wave - intensity analysis: results of the ADVISE (ADenosine Vasodilator Independent Stenosis Evaluation) study. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2012; 59(15): 1392-1402.  
<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.11.003>
7. Алекян Б.Г., Карапетян Н.Г., Мелешенко Н.Н., Ревишвили А.Ш. Результаты реваскуляризации миокарда у больных ишемической болезнью сердца с пограничным поражением коронарных артерий под контролем моментального резерва кровотока. *Эндоваскулярная хирургия*. 2021; 8(1): 20-26.  
Alekyan BG, Karapetyan NG, Meleshenko NN, Revishvili ASH. Results of myocardial revascularization in patients with coronary heart disease with intermediate lesions of coronary arteries under the control of iFR. *J Endovaskulyarnaya hirurgiya*. 2021; 8(1): 20-26.  
<https://doi.org/10.24183/2409-4080-2021-8-1-20-26>
8. Lotfi A, Jeremias A, Fearon WF, et al. Expert consensus statement on the use of fractional flow reserve, intravascular ultrasound, and optical coherence tomography: a consensus statement of the Society of Cardiovascular Angiography and Interventions. *Catheter. Cardiovasc. Interv*. 2014; 83(4): 509-518.  
<https://doi.org/10.1002/ccd.25222>
9. Ntalianis A, Trana C, Muller O et al. Effective radiation dose, time, and contrast medium to measure fractional flow reserve. *JACC Cardiovasc. Interv*. 2010; 3(8): 821-827.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcin.2010.06.006>
10. Алекян Б.Г., Карапетян Н.Г., Мелешенко Н.Н. Роль моментального резерва кровотока при определении функциональной значимости поражений коронарных артерий у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца. *Эндоваскулярная хирургия*. 2019; 6(2): 116-125.  
Alekyan BG, Karapetyan NG, Meleshenko NN. The role of instantaneous wave-free ratio in determining the functional importance of coronary artery lesions in patients with stable coronary heart disease. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2019; 6(2): 116-125.  
<https://doi.org/10.24183/2409-4080-2019-6-2-116-125>
11. Xu B, Tu S, Qiao S, et al. Diagnostic accuracy of angiography-based quantitative flow ratio measurements for online assessment of coronary stenosis. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2017; 70: 3077-3087.  
<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.10.035>
12. Daemen J. Angiography based FFR. IPCI 2023, 13 april [internet resource, online lecture].  
[https://www.youtube.com/watch?v=WmTa\\_U0\\_KHI](https://www.youtube.com/watch?v=WmTa_U0_KHI)
13. QAngio XA 3D 2.2, User Manual. March 2, 2023 9.13.400.22.1.ce v1.0
14. Terentes-Printzios D, Oikonomou D, Gkini KP, et al. Angiography-based estimation of coronary physiology: A frame is worth a thousand words. *Trends Cardiovasc Med*. 2022; 32(6): 366-374.  
<https://doi.org/10.1016/j.tcm.2021.07.004>
15. caFFR, the non-invasive FFR coronary physiology assessment [internet resource].  
<https://www.youtube.com/watch?v=-gPKjQv6Kbc>
16.  $\mu$ FR@: Quantitative Flow Ratio Analysis Software Angio-Plus Core [internet resource].  
<https://en.pulse-imaging.com/col.jsp?id=137>
17. The CathWorks FFRangio System - Example Analysis [internet resource].  
<https://www.youtube.com/watch?v=kN6vdMk9wos>
18. QFR - Non-invasive coronary physiology information within minutes [internet resource].  
<https://medisimaging.com/academy/demonstration-videos/qfr-non-invasive-coronary-physiology-information-within-minutes/>

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**КАПРАНОВ МАКСИМ СЕРГЕЕВИЧ** - [ORCID: 0000-0002-2382-8682]

научный сотрудник отделения рентгенэндоваскулярной хирургии,  
врач по РЭДил ангиографического отделения,  
ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический  
институт им. М.Ф. Владимирского»,

*129110 Российская Федерация, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2;*  
ассистент кафедры инновационных медицинских технологий,  
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный

исследовательский университет» НИУ «БелГУ»,  
*308015 Российская Федерация, г. Белгород, ул. Победы, 85;*

**КУРНОСОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ** - [ORCID: 0000-0001-6820-1536]

научный сотрудник отделения рентгенэндоваскулярной хирургии,  
врач по РЭДил ангиографического отделения,  
ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический  
институт им. М.Ф. Владимирского»,

*129110 Российская Федерация, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2;*

**АЗАРОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ** - [ORCID: 0000-0001-7061-337X]

к.м.н., заведующим отделом эндоваскулярного лечения сердечно-сосудистых  
заболеваний и нарушения ритма,

заведующий отделением рентгенэндоваскулярной хирургии,  
ведущий научный сотрудник отделения рентгенэндоваскулярной хирургии,  
заведующий ангиографического отделения,

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический  
институт им. М.Ф. Владимирского»,

*129110 Российская Федерация, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2;*

доцент кафедры интервенционной кардиоангиологии ИПО,  
ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет  
им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский университет),

*101000 Российская Федерация, г. Москва, ул. Трубецкая, 8 строение 2;*

**ЮЩЕНКО ВИКТОРИЯ ВЛАДИМИРОВНА** - [ORCID: 0009-0001-8745-8924]

ассистент кафедры инновационных медицинских технологий,  
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет» НИУ «БелГУ»,

*308015 Российская Федерация, г. Белгород, ул. Победы, 85.*

**Конфликт интересов, информация о клинической базе и финансировании**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Работы выполнены без внешнего финансирования.