

ИНВАЗИВНАЯ КАРДИОЛОГИЯ

INVASIVE CARDIOLOGY

УДК 616.132.2-007.272-07

ФРАКЦИОННЫЙ РЕЗЕРВ КАК СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧИМОСТИ ТАНДЕМНЫХ И БИФУРКАЦИОННЫХ СТЕНОЗОВ, ПОРАЖЕНИЯ СТВОЛА ЛЕВОЙ КОРОНАРНОЙ АРТЕРИИ

J. MALLIDI, MD, MHS; A. LOTFI, MD, FSCAI
ПЕРЕВОД ВЫПОЛНИЛИ Н. А. КОЧЕРГИН, А. М. КОЧЕРГИНА

Пациенты с тандемными и бифуркационными стенозами, поражением ствола левой коронарной артерии и острым коронарным синдромом не включаются в клинические исследования, изучающие фракционный резерв кровотока. Измерение фракционного резерва кровотока, а также интерпретация его результатов представляют особые затруднения, так как в каждом случае имеются особенности коронарной гемодинамики.

Согласно имеющимся данным, определение фракционного резерва кровотока при проведении реваскуляризации миокарда является безопасным и эффективным методом, однако доказательная база недостаточна, что обуславливает потребность в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: фракционный резерв кровотока, тандемный стеноз, бифуркационные поражения, поражение ствола левой коронарной артерии.

FRACTIONAL FLOW RESERVE FOR THE EVALUATION OF TANDEM AND BIFURCATION LESIONS, LEFT MAIN, AND ACUTE CORONARY SYNDROMES

J. MALLIDI, MD, MHS; A. LOTFI, MD, FSCAI
AUTHORS OF TRANSLATION N. A. KOCHERGIN, A. M. KOCHERGINA

Subjects with tandem lesions bifurcation lesions, left main disease and acute coronary syndrome are not included in trials supporting fractional flow reserve (FFR)-guided revascularization.

Assessment and interpretation of FFR in these clinical scenarios is technically challenging due to the unique changes in flow hemodynamics in each of these situations.

The existing literature supports the safety of using FFR to guide revascularization in these situations; however, the evidence is limited and further research is warranted.

Key words: FFR, tandem lesions, bifurcation lesions, left main disease.

Введение

Фракционный резерв кровотока (ФРК) является хорошо изученным вспомогательным методом при проведении коронарной ангиографии, который позволяет объективизировать гемодинамическую значимость пограничных (40–70 %) стенозов коронарных артерий.

Под ФРК понимают соотношение фактического кровотока в эпикардальной коронарной артерии с имеющимся стенозом к кровотоку в той же артерии без стенотического поражения в условиях максимально достигнутой гиперемии [1].

В случае односудистого поражения коронарной артерии ФРК может быть измерен как соотношение среднистального внутрисудистого давления в коронарной артерии и среднего давления в аорте в условиях максимально достигнутой гиперемии.

Существуют многоцентровые рандомизированные исследования, в ходе которых проводилась коронарная реваскуляризация с поддержкой ФРК

[2–4]. Тем не менее в ежедневной клинической практике нередко встречаются тандемные, бифуркационные стенозы, поражение ствола левой коронарной артерии (СтЛКА).

Данных, описывающих интерпретацию результатов ФРК в вышеназванных клинических ситуациях, недостаточно.

В настоящей работе описаны технические особенности и возможные затруднения при измерении ФРК, а также в интерпретации получаемых результатов и применении этих данных для определения тактики реваскуляризации.

Фракционный резерв кровотока при тандемных стенозах

Под тандемным стенозом понимают наличие двух поражений, разделенных между собой сегментом неизменной коронарной артерии.

При такой анатомии коронарного поражения, дистальный стеноз ограничивает коронарный кровоток, тем самым маскируя истинную тя-

жесть поражения [5]. Следовательно, при таких поражениях ФРК рассчитывается как отношение среднедистального внутрисосудистого давления в коронарной артерии к среднему давлению в аорте, так как показатели ФРК для проксимального поражения искажаются при наличии дистального поражения, и, напротив, данные при измерении дистального стеноза искажены из-за изменений кровотока вследствие наличия проксимального поражения.

De Bruyne с коллегами [5] разработали и апробировали на животных при тандемных стенозах методику измерения ФРК, моделирующую расчет ФРК независимо от тандемного стеноза.

ФРК для каждого из серии стенозов может быть рассчитан изолированно посредством измерения проксимального давления в аорте (P_a), давления дистальнее стеноза (P_d), давления между двумя стенозами (P_m) и измерения давления заклинивания коронарных артерий в условиях достигнутой гиперемии [5].

Частично вышеописанная методика была валидизирована Rijls с коллегами [6] на человеческой модели.

Истинный показатель ФРК (ФРК-и) для каждого из стенозов, измеренный после стентирования другого, был сопоставим с расчетным показателем ФРК (ФРК-р) до стентирования ($r=0,92$) [6].

С практической точки зрения для использования вышеописанной методики могут быть некоторые ограничения. Давление заклинивания может быть измерено лишь при окклюзии коронарной артерии баллоном. Тем не менее принятие решения о потребности вмешательства на коронарной артерии происходит в момент измерения ФРК.

Давление заклинивания позволяет получить представление об уровне коллатерального кровотока в миокарде. Данный показатель строго индивидуален для каждого пациента, так как тесно связан с особенностями коллатерального кровотока, и как следствие должен измеряться для каждого пациента [6].

Следует подчеркнуть, что подобная методика измерения применима для серии поражений в коронарных артериях без боковых ветвей, при которых создаются условия для низкого периферического сопротивления.

Количественный анализ показателей ФРК в подобной ситуации производится комплексно и требует вычисления динамических характеристик кровотока для каждой из боковых ветвей с учетом области кровоснабжаемого миокарда [7, 8].

Данные Kim с соавторами [9], включившие в свое исследование 131 пациента из двух круп-

ных центров Кореи, демонстрируют отдаленные результаты измерения ФРК с помощью протяжки катетера, использованные в качестве вспомогательного метода для определения показаний к реваскуляризации в группе пациентов с тандемными стенозами коронарных артерий.

В данном исследовании первым этапом производили стентирование поражения, которое имело наиболее высокий градиент при измерении ФРК. Второй стеноз из тандема стентировался лишь в случае, если после устранения первого стеноза ФРК оставался клинически значимым.

В 61 % случаев показания к реваскуляризации были пересмотрены на основании вновь полученных результатов ФРК.

Не зарегистрировано неблагоприятных событий, ассоциированных с отменой и/или отсрочкой вмешательства, что дает возможность рассматривать данный подход как эффективный и безопасный [9].

Park с коллегами [10] использовали расчетную методику определения ФРК при тандемных стенозах и также пришли к заключению, что методика измерения градиента ФРК (дельта-ФРК) в месте стенотического поражения посредством протяжки катетера является упрощенным способом оценки гемодинамической значимости поражения.

Следовательно, тактика должна быть следующей: первым этапом производится вмешательство на том стенозе, где первично определен наиболее высокий градиент, а далее производится повторное измерение ФРК на оставшемся стенозе и определяется его гемодинамическая значимость.

Данный подход более удобен для рутинного применения и не требует измерения давления заклинивания в коронарной артерии (P_w).

Ниже представлен алгоритм проведения измерений по методике последовательных измерений.

1. Катетер, измеряющий давление, заводится в целевой сосуд дистальнее поражения.

2. В состоянии максимальной гиперемии давление измеряется последовательно для каждого из поражений в отдельности посредством протяжки катетера по направлению от дистального сегмента к устью артерии.

3. В первую очередь стентировается стеноз с более выраженным градиентом давления.

4. После проведения стентирования первого поражения методом протяжки катетера в условиях максимальной гиперемии выполнено измерение ФРК. И в случае, если второй стеноз остается ФРК-значимым, проводится вмешательство.

Резюмируя, нужно сказать, что для пациентов со стабильной ИБС с тандемными стенозами ко-

ронарного русла реваскуляризация с поддержкой ФРК является безопасной. Необходимо использовать технику измерения ФРК по методике последовательных (этапных, повторных) измерений в каждом из поражений для определения стеноза с наиболее высоким градиентом. Именно стеноз с наибольшим градиентом стентировается в первую очередь, после чего производится измерение ФРК для второго стеноза и делается заключение о его значимости.

*Фракционный резерв кровотока
при устьевых или бифуркационных стенозах*

Бифуркационными называют стенозы, локализованные в местах отхождения боковых ветвей коронарной артерии либо прилегающие к ним [11].

Наличие стеноза указанной локализации может быть как следствием сформировавшейся атеросклеротической бляшки, так и результатом компретации боковой ветви при стентировании основного (крупного) сосуда.

Ввиду вышеописанных особенностей принятие решения о необходимости вмешательства, а также выбор техники стентирования затруднены.

*Ангиографические и анатомические трудности
при проведении исследования*

Ангиография бифуркационных поражений сложна в проведении и интерпретации вследствие сложной геометрии, наличия боковых ветвей, перекреста сосудов, неудобства обзора, эксцентричного роста бляшки в боковых ветках [12].

Помимо этого, этиология стеноза при устьевом поражении мультифакториальна и включает в себя факт пролабирования бляшки в карину, коронароспазм, диспозицию страт стента [12]. Функциональная (гемодинамическая) значимость таких стенозов чаще всего переоценивается при ангиографическом исследовании [13]. Детализация коронарной анатомии посредством ВСУЗИ или ОКТ также не позволяет улучшить представление о фактической значимости поражения, так как данные методики технически сложны при бифуркационных поражениях, и вместе с этим не разработаны валидные критерии для интерпретации результатов [14].

Исходы ЧКВ при устьевых или бифуркационных поражениях относительно неблагоприятны, так как сопряжены с более высокой частотой МАСЕ в сравнении с исходами ЧКВ при небифуркационных стенозах [15–17].

Вопрос выбора оптимальной тактики в указанной клинической ситуации остается открытым. Для боковых ветвей в отношении отдаленных ре-

зультатов предпочтительно выполнение баллонной ангиопластики без имплантации стенов [16].

Согласно данным недавно проведенного исследования Williams с коллегами [18] интракоронарной гемодинамики, проведение вмешательства на стенозах боковых ветвей, не являющихся гемодинамически значимыми, не приводит к улучшению локального кровотока в области бифуркации.

Недостаточно изучена техника выполнения вмешательства при бифуркационных стенозах с пораженными боковыми ветвями коронарных артерий.

В настоящий момент считается предпочтительным выполнение стентирования основной ветви сосуда по методике provisional. Данный подход предполагает имплантацию стента в основной сосуд [19]. Тем не менее в тех случаях, когда боковая ветка крупная, в отдаленном периоде наблюдения отмечается более частая потребность в проведении повторного вмешательства [19].

С учетом того что проведение вмешательства при бифуркационных стенозах сопряжено с техническими трудностями и характеризуется относительно неблагоприятными отдаленными результатами, крайне важно объективизировать значимость поражения боковых ветвей с целью уточнения показаний для вмешательства.

Коо с соавторами [20] описали отдаленные результаты наблюдения за 220 пациентами, которым выполнено вмешательство при бифуркационных стенозах с поддержкой ФРК. Данное исследование не было рандомизированным, все включенные пациенты были разделены на две группы: группу ЧКВ + ФРК и контрольную группу. Не обнаружено статистически достоверных различий между группами в отношении неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (4,6 % vs 3,7 %, $p=0,7$) [20]. Однако общее число сочетанных вмешательств (основная + боковая ветка) было значимо ниже в группе ФРК-обоснованного ЧКВ (30 % vs 45 %, $p=0,03$) [20].

Вышеописанные результаты дают основание полагать, что ЧКВ с поддержкой ФРК при бифуркационных стенозах позволяет избежать нецелесообразных вмешательств на боковых ветках. Стентирование боковой ветви, равно как и ангиопластика боковых ветвей, не доказало прогностического положительного влияния на исходы у пациентов с бифуркационными стенозами [21].

Ниже приведен список возможных проблем, с которыми можно столкнуться в реальной практике при измерении ФРК в боковой ветке после стентирования основной ветви коронарной артерии.

1. Для выполнения измерения ФРК в боковой ветви катетер следует провести через страты стен-та, имплантированного в основной сосуд [22].

2. В сравнении с обычным проводником катетер для измерения давления является менее гибким, тем самым создавая трудности для его заведения в боковую ветвь. В этих случаях проводник может быть заведен в боковую ветвь и в последующем заменен на датчик ФРК с использованием микро-катетера [23].

3. Во внимание следует принимать как дистальные, так и проксимальные поражения основной ветви артерии во время измерения ФРК для устья боковой ветви.

В целом ангиографические данные приводят к переоценке значимости устьевых и бифуркационных поражений.

Реваскуляризация в подобных случаях сложна и сопряжена с неблагоприятными последствиями. Следует заметить, что в настоящее время нет крупных рандомизированных исследований, данные которых обосновывают применение ФРК для определения тактики при бифуркационных стенозах. В боковых ветвях мелкого диаметра при отсутствии клинических показаний к реваскуляризации ФРК определять не требуется.

Однако в случаях с артериями среднего калибра измерение ФРК позволяет избежать неоправданного вмешательства.

ФРК при поражении ствола ЛКА

Значимый стеноз стЛКА, по данным ангиографии, – это стеноз просвета артерии 50 % и более. В случаях со стенозами стЛКА верификация степени тяжести поражения важна, так как поражение указанной локализации доказанно ухудшает прогноз у пациентов [24]. Однако оценка стеноза исключительно по данным КАГ затрудняется наличием погрешностей при визуализации, плохим контрастированием сегмента артерии, наслоением боковых ветвей, замедленным прохождением контраста, а также часто наблюдаемым явлением обратного контрастирования в области устья [25].

Не следует делать вывод о значимости стенозов стЛКА на основании данных КАГ [26].

Стоит отметить, что не существует крупных рандомизированных исследований в отношении преимуществ ЧКВ стЛКА с поддержкой ФРК против ЧКВ без ФРК.

Одно из самых крупных исследований проведено Намилос с соавторами [27], в него было включено 213 пациентов с пограничными стенозами стЛКА. В данном исследовании при показателе

ФРК более 0,80 реваскуляризацию откладывали. Показатели 5-летней выживаемости и 5-летней свободы от МАСЕ были сопоставимы в группе лиц, получавших консервативную (медикаментозную) терапию, и в группе лиц, которым проведена реваскуляризация [27]. Аналогично в исследовании Courtis с соавторами [28] частота встречаемости МАСЕ, ассоциированных со стенозом стЛКА, в группах не различалась.

Ниже приведены особенности, которым следует уделить внимание при измерении ФРК в стЛКА.

1. Значимый стеноз стЛКА часто сопровождается стенозом как ПНА, так и огибающей артерии, что в свою очередь может приводить к переоценке степени тяжести стеноза [29]. В то же время недавно выполненная работа Yong [30] на модели животных показала, что при размещении катетера проксимальнее места дистального стеноза измерение ФРК может быть безопасным. Клинически значимым значение ФРК будет только при наличии тяжелого проксимального стеноза в стЛКА. Ввиду того что наличие дистальных поражений обычно приводит к переоценке результатов ФРК, значение ФРК менее 0,75 должно расцениваться как абсолютное показание для реваскуляризации, а более чем 0,85 – как отсутствие показаний для вмешательства, несмотря на наличие дистального поражения [30].

2. В том случае, когда полученное значение ФРК в диапазоне от 0,80 до 0,85, показано дополнительное проведение ВСУЗИ для уточнения степени тяжести стеноза [25]. Минимальный диаметр артерии – 2,8 мм, а также минимальная площадь просвета артерии – 5,9 мм² по данным ВСУЗИ расцениваются как гемодинамически значимый стеноз стЛКА [31].

3. Действие аденозина может иметь индивидуальные особенности, вследствие чего ряду пациентов для достижения максимальной гиперемии нужны более высокие дозы препарата [32].

Несмотря на вышесказанное, имеющиеся данные литературы свидетельствуют о безопасности измерения ФРК при стенозах стЛКА.

В актуальных рекомендациях по использованию ФРК обозначены пороговые значения ФРК – 0,75–0,80 для принятия решения о гемодинамической значимости стеноза стЛКА и, соответственно, определения показаний к реваскуляризации [33].

Оригинал статьи:

Allen Jeremias. Intravascular Physiology, Interventional Cardiology Clinics.

2015; (4) 4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Pijls N. H., van Son J. A., Kirkeeide R. L., De Bruyne B., Gould K. L. Experimental basis of determining maximum coronary, myocardial, and collateral blood flow by pressure measurements for assessing functional stenosis severity before and after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Circulation* 1993; 87 (4): 1354–1367.
2. Pijls N. H., van Schaardenburgh P., Manoharan G., Boersma E., Bech J.-W., van't Veer M. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2007; 49 (21): 2105–2111. DOI:10.1016/j.jacc.2007.01.087.
3. Tonino P. A., De Bruyne B., Pijls N. H., Siebert U., Ikeno F., van't Veer M. S. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N. Engl. J. Med.* 2009; 360 (3): 213–224. DOI: 10.1056/NEJMoa0807611.
4. De Bruyne B., Fearon W. F., Pijls N. H., Barbato E., Tonino P., Piroth Z. Fractional flow reserve-guided PCI for stable coronary artery disease. *N. Engl. J. Med.* 2014; 37 (13): 1208–1217. DOI: 10.1056/NEJMoa1408758.
5. De Bruyne B., Pijls N. H., Heyndrickx G. R., Hodeige D., Kirkeeide R., Gould K. L. Pressure-derived fractional flow reserve to assess serial epicardial stenoses: theoretical basis and animal validation. *Circulation.* 2000; 101 (15): 1840–1847.
6. Pijls N. H., De Bruyne B., Bech G. J., Liistro F., Heyndrickx G. R., Bonnier H. J. Coronary pressure measurement to assess the hemodynamic significance of serial stenoses within one coronary artery: validation in humans. *Circulation.* 2000; 102 (19): 2371–2377. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.102.19.2371>.
7. Gould K. L., Nakagawa Y., Nakagawa K., Sdringola S., Hess M. J., Haynie M. Frequency and clinical implications of fluid dynamically significant diffuse coronary artery disease manifest as graded, longitudinal, base-to-apex myocardial perfusion abnormalities by noninvasive positron emission tomography. *Circulation.* 2000; 101 (16): 1931–1939.
8. Seiler C., Kirkeeide R. L., Gould K. L. Basic structure-function relations of the epicardial coronary vascular tree. Basis of quantitative coronary arteriography for diffuse coronary artery disease. *Circulation.* 1992; 85 (6): 1987–2003.
9. Kim H. L., Koo B. K., Nam C. W., Doh J. H., Kim J. H., Yang H. M. et al. Clinical and physiological outcomes of fractional flow reserve-guided percutaneous coronary intervention in patients with serial stenoses within one coronary artery. *JACC. Cardiovasc. Interv.* 2012; 5 (10): 1013–1018. DOI: 10.1016/j.jcin.2012.06.017.
10. Park S. J., Ahn J. M., Pijls N. H., Bruyne B., Shim E. B., Kim Y. T. et al. Validation of functional state of coronary tandem lesions using computational flow dynamics. *Am. J. Cardiol.* 2012; 110 (11): 1578–1584. DOI: 10.1016/j.amjcard.2012.07.023.
11. Louvard Y., Thomas M., Dzavik V., Hildick-Smith D., Galassi A. R., Pan M. et al. Classification of coronary artery bifurcation lesions and treatments: time for a consensus! *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2008; 71 (2): 175–183. DOI: 10.1002/ccd.21314.
12. Koo B. K., De Bruyne B. FFR in bifurcation stenting: what have we learned? *EuroIntervention.* 2010; 6 (Suppl J): 94–98.
13. Ziaee A., Parham W. A., Herrmann S. C., Stewart R. E., Lim M. J., Kern M. J. Lack of relation between imaging and physiology in ostial coronary artery narrowings. *Am. J. Cardiol.* 2004; 93 (11): 1404–1407. DOI: 10.1016/j.amjcard.2004.02.041.
14. Koo B. K., Waseda K., Kang H. J., Kim H. S., Nam C. W., Hur S. H. et al. Anatomic and functional evaluation of bifurcation lesions undergoing percutaneous coronary intervention. *Circ. Cardiovasc. Interv.* 2010; 3 (2): 113–119. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.109.887406.
15. Hildick-Smith D., de Belder A. J., Cooter N., Curzen N. P., Clayton T. C., Oldroyd K. G. et al. Randomized trial of simple versus complex drug-eluting stenting for bifurcation lesions: the British Bifurcation Coronary Study: old, new, and evolving strategies. *Circulation.* 2010; 121 (10): 1235–1243. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.888297.
16. Niemela M., Kervinen K., Erglis A., Holm N. R., Maeng M., Christiansen E. H. et al. Randomized comparison of final kissing balloon dilatation versus no final kissing balloon dilatation in patients with coronary bifurcation lesions treated with main vessel stenting: the Nordic-Baltic Bifurcation Study III. *Circulation.* 2011; 123 (1): 79–86. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.966879>.
17. Colombo A., Bramucci E., Sacca S., Violini R., Lettieri C., Zanini R. et al. Randomized study of the crush technique versus provisional side-branch stenting in true coronary bifurcations: the CACTUS (Coronary Bifurcations: Application of the Crushing Technique Using Sirolimus-Eluting Stents) Study. *Circulation.* 2009; 119 (1): 71–78. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.808402.
18. Williams A. R., Koo B. K., Gundert T. J., Fitzgerald P. J., LaDisa J. F. Jr. Local hemodynamic changes caused by main branch stent implantation and subsequent virtual side branch balloon angioplasty in a representative coronary bifurcation. *J. Appl. Physiol.* (1985). 2010; 109 (2): 532–540. DOI: 10.1152/jappphysiol.00086.2010.
19. Gao X. F., Zhang Y. J., Tian N. L., Wu W., Li M. H., Bourantas C. V. et al. Stenting strategy for coronary artery bifurcation with drug-eluting stents: a meta-analysis of nine randomised trials and systematic review. *EuroIntervention.* 2014; 10 (5): 561–569. DOI: 10.4244/EIJY14M06_06.
20. Koo B. K., Park K. W., Kang H. J., Cho Y. S., Chung W. Y., Youn T. J. et al. Physiological evaluation of the provisional side-branch intervention strategy for bifurcation lesions using fractional flow reserve. *Eur. Heart. J.* 2008; 29 (6): 726–732. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehn045>.
21. Lee B. K., Choi H. H., Hong K. S., Kim B. K., Shim J., Kim J. S. et al. Efficacy of fractional flow reserve measurements at side branch vessels treated with the crush stenting technique in true coronary bifurcation lesions. *Clin. Cardiol.* 2010; 33 (8): 490–494. DOI: 10.1002/clc.20799.
22. Park S. H., Koo B. K. Clinical applications of fractional flow reserve in bifurcation lesions. *J. Geriatr. Cardiol.* 2012; 9 (3): 278–284.
23. Ratcliffe J. A., Huang Y., Kwan T. A novel technique in the use of fractional flow reserve in coronary artery bifurcation lesions. *Int. J. Angiol.* 2012; 21 (1): 59–62.
24. Yusuf S., Zucker D., Peduzzi P., Fisher L. D., Takaro T., Kennedy J. W. et al. Effect of coronary artery bypass graft surgery on survival: overview of 10-year results from randomised trials by the Coronary Artery Bypass Graft Surgery Trialists Collaboration. *Lancet.* 1994; 344 (8922): 563–570.
25. Puri R., Kapadia S. R., Nicholls S. J., Harvey J. E., Kataoka Y., Tuzcu E. M. Optimizing outcomes during left main percutaneous coronary intervention with intravascular ultrasound and fractional flow reserve: the current state of evidence. *JACC Cardiovasc. Interv.* 2012; 5 (7): 697–707. DOI: 10.1016/j.jcin.2012.02.018.

26. Lindstaedt M., Spiecker M., Perings C., Lawo T., Yazar A., Holland-Letz T. et al. How good are experienced interventional cardiologists at predicting the functional significance of intermediate or equivocal left main coronary artery stenoses? *Int. J. Cardiol.* 2007; 120 (2): 254–261. DOI: 10.1016/j.ijcard.2006.11.220.

27. Hamilos M., Muller O., Cuisset T., Ntalianis A., Chlouverakis G., Sarno G. et al. Long-term clinical outcome after fractional flow reserve-guided treatment in patients with angiographically equivocal left main coronary artery stenosis. *Circulation.* 2009; 120 (15): 1505–1512. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.850073>.

28. Curtis J., Rodes-Cabau J., Larose E., Potvin J. M., Déry J. P., Larochellière R. D. et al. Usefulness of coronary fractional flow reserve measurements in guiding clinical decisions in intermediate or equivocal left main coronary stenoses. *Am. J. Cardiol.* 2009; 103 (7): 943–949. DOI: 10.1016/j.amjcard.2008.11.054.

29. Bulkley B. H., Roberts W. C. Atherosclerotic narrowing of the left main coronary artery. A necropsy analysis of 152 patients with fatal coronary heart disease and varying degrees of left main narrowing. *Circulation.* 1976; 53 (5): 823–828.

30. Yong A. S., Daniels D., De Bruyne B., Kim H. S., Ikeno F., Lyons J. et al. Fractional flow reserve assessment of left main stenosis in the presence of downstream coronary stenoses. *Circ. Cardiovasc. Interv.* 2013; 6 (2): 161–165.

31. Jasti V., Ivan E., Yalamanchili V., Wongpraparut N., Leesar M. A. Correlations between fractional flow reserve and intravascular ultrasound in patients with an ambiguous left main coronary artery stenosis. *Circulation.* 2004; 110 (18): 2831–2836. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.0000146338.62813.E7>.

32. Jeremias A., Whitbourn R. J., Filardo S. D., Fitzgerald P. J., Cohen D. J., Tuzcu E. M. et al. Adequacy of intracoronary versus intravenous adenosine-induced maximal coronary hyperemia for fractional flow reserve measurements. *Am. Heart. J.* 2000; 140 (4): 651–657. DOI: 10.1067/mhj.2000.109920.

33. Lotfi A., Jeremias A., Fearon W. F., Feldman M. D., Mehran R., Messenger J. C. 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. DOI: 10.1002/ccd.25222.

Статья поступила 25.08.2016

Для корреспонденции:

Кочергин Никита Александрович

Адрес: 650002, Кемерово,

Сосновый бульвар, 6

Тел.: +7-908-952-32-35

E-mail: nikotwin@mail.ru

For correspondence:

Kochergin Nikita

Address: 6, Sosnoviy blvd., Kemerovo,

650002, Russian Federation

Tel.: +7-908-952-32-35

E-mail: nikotwin@mail.ru