

## ПРИМЕНЕНИЕ ВНУТРИСОСУДИСТОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНТЕРВЕНЦИОННОЙ КАРДИОЛОГИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

*Внутрисосудистое ультразвуковое исследование позволяет детально исследовать структуры сегмента артерии, определить наличие нестабильных и сложных атеросклеротических бляшек, выявить очаги неатеросклеротического генеза, определить тромб, эктастические расширения и диссекции. Последние годы внутрисосудистое ультразвуковое исследование применяется как дополнительный метод исследования в интервенционной кардиологии для визуализации коронарного атеросклероза и ее эндоваскулярной коррекции. Трехмерное исследование коронарного сегмента дает информацию о взаимосвязи между бляшкой и боковыми ветвями, которая позволяет адекватный выбор стента по диаметру и длине. Внутрисосудистое ультразвуковое исследование с виртуальной гистологией позволяет выявлять очаги высокого риска и обеспечивает новый способ проникновения в патофизиологические особенности поражений коронарной артерии, позволяя дифференцировать различные типы поражений на основе патогистологической информации. Таким образом, в клинической практике внутрисосудистое ультразвуковое исследование может использоваться для выявления нестабильной бляшки при принятии решения о проведении вмешательства, определении псевдостеноза во время ангиопластики и чрескожных коронарных вмешательств.*

**Ключевые слова:** внутрисосудистое ультразвуковое исследование, IVUS, интервенционная кардиология

**Актуальность.** Несмотря на широкое использование современных методов лечения и диагностики сердечно-сосудистой системы, атеросклеротическое поражение остается главной причиной заболеваемости и летальных исходов [1]. Золотым стандартом диагностики коронарного атеросклероза считается рентгеноконтрастная коронароангиография. Однако получаемое при коронароангиографии изображение является «слепком» заполненного контрастным веществом просвета сосуда, при этом полностью отсутствует информация о состоянии стенки артерии. Интерпретация ангиограмм имеет высокую вариабельность. Даже при использовании количественной ангиографии, как правило, недооцениваются степень сужения и размер артерии [2]. Коронарография, несмотря на ее широкое распространения имеет ряд ограничивающих факторов: во-первых, коронарография дает изображение только просвета сосуда и не дает информацию о состоянии стенки артерии; во-вторых, контрастная ангиография не дает представление о составе и консистенции, о пространственном положении атеросклеротической бляшке в просвете артерии; в третьих, из за малой рентгеноконтрастности большинства интракоронарных стентов, коронарография не может ответить на вопросы: полностью ли раскрылся стент, имеется ли деформация структуры стента, плотно ли он прилегает к внутренней поверхности просвета артерии [5, 6]. Оптимизация непосредственных и отдаленных результатов чрескожных коронарных вмешательств является сегодня одной из важных проблем в интервенционной кардиологии [3]. В связи с этим применение внутрисосудистого ультразвукового исследования при выполнении этих процедур открывает новую эру в визуализации коронарного атеросклероза и его эндоваскулярной коррекции [4]. Внутрисосудистое ультразвуковое исследование позволяет провести точный анализ структуры изучаемого сегмента артерии. Оно не только получают изображение просвета артерии, но и оценивают структуру сосудистой стенки. При анализе в «серой шкале» производится формирование двухмерного изображения в реальном времени. Внутрисосудистое ультразвуковое исследование позволяет выявить низкую эхогенность, позитивное ремоделирование и кальциевые включения [7].

**Выполнение исследования и интерпретация:** Основным принципом внутрисосудистого ультразвукового исследования является производство ультразвуковых волн пьезоэлектрическим кристаллическим датчиком, которые отражаются от стен сосуда в зависимости от их акустического импеданса, а затем преобразуются в томографическое изображение с помощью электронной консоли. Датчик монтируется рядом с дистальным кончиком специального катетера, который, будучи вставленным в просвет коронарной артерии, позволяет 360° изображение артериальной стенки изнутри. Ультразвуковое исследование выполняется после внутривенного введения 5000-10000 ЕД гепарина. Кроме того, если нет противопоказаний, обычно интракоронарно вводится нитроглицерин, чтобы предотвратить наиболее частое осложнение - коронарный спазм. Ультразвуковой катетер продвигается, по крайней мере, до уровня 10 мм дистальнее интересующей нас области, затем он вытягивается, в идеале, до устья обследуемой артерии. Обычная практика, также используемая большинством исследователей, - моторизованное вытягивание датчика при помощи внешнего устройства со скоростью 0.5 или 1 мм/с [8].

При обследовании нормальной коронарной артерии с использованием внутрисосудистого ультразвука обычно наблюдается характерное трехслойное изображение стенки сосуда (адвентиция, медиа, интима), что является результатом различия акустических свойств слоев артериальной стенки, приводящего к визуализации внутренней поверхности между двумя тканями при значительном изменении параметров эхосигнала. В различных исследованиях *in vitro* и *in vivo*, проведенных при помощи ультразвуковых методов диагностики коронарных артерий была установлена корреляция между изображениями, полученными при использовании этой диагностической методики и результатами гистологических исследований [9,10].

При внутрисосудистом ультразвуковом исследовании можно определить наличие нестабильных и сложных атеросклеротических бляшек в коронарных артериях, а также выявить очаги неатеросклеротического генеза. Разрушение или изъязвление бляшек также можно определить как полость в стенке сосуда с надрывом интимы или наличием крови внутри полости бляшки. Тромб определяется как относительно эхо-негативная или гранулированная структура, которая имеет различную эхогенность [11].

**Безопасность исследования:** Потенциальное ограничение на использование внутрисосудистого ультразвука - возможность осложнений, связанных с этой диагностической методикой. Уровень осложнений, описанных в литературе, является низким, при этом самым частым является спазм коронарной артерии [12,13]. В самом большом опубликованном исследовании в 28 центрах США [14] суммарный процент осложнений с определенной или вероятной причиной использования внутрисосудистого ультразвука составлял 3.9%: из них 2.9% спазм, 0,7% других связанных с процедурой причин, 0,3% больших осложнений. Частота осложнений была значительно выше у больных с острым коронарным синдромом и у больных, подвергнутых вмешательствам. В европейском регистре [12] были оценены ретроспективные данные из 12 центров и 718 исследований. Полный уровень осложнений составлял 1.1% (8 случаев) с переходящим коронарным спазмом, являющимся самым частым осложнением (4 коронарных спазма, 2 возможных диссекции и 2 захвата проводником). Все эти осложнения были устранены без дальнейших последствий.

**Клиническое применение:** Распространение атеросклеротической бляшки и размеры как просвета, так и сосуда могут быть исследованы при помощи внутрисосудистого ультразвукового исследования на протяжении всего коронарного сегмента. Соответственно, сосудистое ремоделирование может быть изучено путем сравнения поражения с размерами референсного сосуда [15]. Предшествующие исследования внутрисосудистого ультразвукового исследования продемонстрировали, что многие

выраженные коронарные поражения отражают процесс адаптивного ремоделирования (компенсаторное сосудистое расширение при увеличении объема бляшки), в то время как другие поражения не показывают или почти не показывают компенсаторного расширения [16]. Определение границы с помощью компьютерера, используя трехмерные серии изображений внутрисосудистого ультразвукового исследования, является самым точным методом для оценки прогрессии и регрессии атеросклероза, чрескожных коронарных вмешательств и фармакологических вмешательств при помощи ультразвуковых исследований [17].

Существуют также различные клинические варианты, когда продольная реконструкция и/или компьютеризованные измерения могут быть клинически полезными. Информация относительно протяженности диссекции и, следовательно, длины стента, необходимого для ее закрытия, может быть получена из анализа данных о времени моторизованного вытягивания катетера. Трехмерное исследование коронарного сегмента до вмешательства обеспечивает понимание взаимоотношения между бляшкой и боковыми ветвями, что может позволить адекватно подобрать стент по диаметру и длине.

Таким образом, в клинической практике внутрисосудистое ультразвуковое исследование может использоваться для выявления нестабильной бляшки при принятии решения о проведении вмешательства, определении псевдостеноза во время ангиопластики и чрескожных коронарных вмешательств.

**Дискуссия:** В настоящее время для выполнения внутрисосудистого ультразвукового исследования выделяют несколько групп показаний. Согласно современным рекомендациям Американской коллегии кардиологов совместно с Американской ассоциацией сердца, а также Обществом сердечно-сосудистой ангиографии и интервенции, внутрисосудистое ультразвуковое исследование рационально использовать для оценки поражений ствола ЛКА, не поддающихся однозначной ангиографической интерпретации (класс рекомендаций IIa, уровень доказательности B) [18]. В многоцентровом исследовании LITRO было показано, что при «пограничных» поражениях ствола ЛКА площадь просвета по данным внутрисосудистого ультразвукового исследования 6 мм<sup>2</sup> и более являлась абсолютно безопасным значением для отказа от реваскуляризации, и это не сопровождалось увеличением развития неблагоприятных коронарных событий [19]. Следует подчеркнуть, что рутинное использование внутрисосудистого ультразвукового исследования отнюдь не предполагает его применение в большинстве операций, что подтверждается и рядом выполненных к настоящему времени исследований. Поэтому следует придерживаться дифференцированного подхода к применению внутрисосудистого ультразвукового исследования в различных случаях [20]. Достаточно драматично отличается частота рестенозов в группах с использованием и без использования внутрисосудистого ультразвукового исследования во время операций – 8,9 и 33,3% соответственно. Поэтому, операции с использованием специализированных бифуркационных стентов к «особым случаям стентирования» [21], когда внутрисосудистая визуализация должна использоваться рутинно [22]. Консультативный комитет по медицинским услугам в Австралии опубликовал систематический обзор по внутрисосудистому ультразвуковому исследованию в 2001 году. В обзоре было установлено, что внутрисосудистое ультразвуковое исследование является относительно безопасным, при условии дополнительной информации, которая дополняет информацию от коронарной ангиографии и обладает хорошей чувствительностью и специфичностью для обнаружения расщеплений бляшек, но с низкой чувствительностью для обнаружения разрыва бляшек и образования тромбов [23]. Метаанализ 2003 года, выполненный Casella и др. [24], включал 5 РКИ и 3 реестров, который не обнаружил статистически значимой разницы в основных неблагоприятных сердечных случаях между стентированием под руководством с помощью внутрисосудистого ультразвукового исследования и ангиографии. Метаанализ проведенный Жанг И. (2015) с участием 29 068 пациентов показал, что руководство внутрисосудистого ультразвукового исследования для имплантации лекарственно покрытого стента было связано со значительно улучшенными клиническими результатами по сравнению с руководством по ангиографии. Аналогичные результаты наблюдались при повторном анализе сопоставленных и рандомизированных исследований. Похоже, что руководство внутрисосудистого ультразвукового исследования оказывает более благоприятный эффект у пациентов со сложными поражениями или острым коронарным синдромом, чем у пациентов со смешанными поражениями или с представлением о смерти [25].

**Заключение.** Рутинное использование внутрисосудистого ультразвукового исследования, особенно при лечении сложных коронарных поражений, дает возможность более точно оценить характер заболевания и максимально оптимизировать результат эндоваскулярного лечения, что в сочетании с адекватной терапевтической поддержкой приводит к улучшению прогноза заболевания и повышению качества жизни больных. Комплексная интраоперационная оценка участка стеноза, полученная при внутрисосудистом ультразвуковом исследовании (наличие кальцинатов, липидных включений, преобладание фиброзных структур и т.д.), помогает принять правильное решение о необходимости эндоваскулярного лечения и выборе метода, особенно в случае развития рестеноза. Также внутрисосудистое ультразвуковое исследование помогает подобрать оптимальную стратегию интервенционного вмешательства, оптимизировать раскрытие стента, особенно при тяжелых поражениях. В наибольшей степени внутрисосудистое ультразвуковое исследование полезно для оценки поражения ствола левой коронарной артерии. Понимание клинических возможностей внутрисосудистого ультразвукового исследования важно для облегчения выбора тактики лечения ишемической болезни сердца. Чрезкожное коронарное вмешательство с использованием внутрисосудистого ультразвукового исследования был связан с лучшими клиническими результатами, чем имплантация лекарственно покрытого стента, основанная на ангиографии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Siobhán O'Connor et al. Potential infectious etiologies of atherosclerosis: A multifactorial perspective // *Emerging infectious diseases*. - 2001. -Volume 7, № 5, -P. 25-31.
- 2 Матчин Ю. Г., Митрошкин М. Г., Ежов М. В. Внутрисосудистое ультразвуковое исследование коронарных артерий // *Кардиология*. -2011. - № 7(66). -С. 36-42.
- 3 Бабунашвили А. М., Иванов В. А., Бирюков С. А. Эндопротезирование (стентирование) венечных артерий сердца // *М., АСВ*. - 2012.
- 4 Marco J. et al. Intracoronary ultrasound imaging: Initial clinical trials // *Circulation*. -1989. -№81: -P. 1575-1580.
- 5 Yuck P. G., Fitzgerald P. J., Sudhir K. Intravascular Ultrasound // In: *Textbook of interventional cardiology*, Edited by E. Topol. -2010. -v. II; -P. 1136.
- 6 Бабунашвили А. М., Рабкин И. Х., Иванов В. А. Коронарная ангиопластика // *М., АСВ*. -2015.
- 7 Н.Р. Тагиева, Р.М. Шахнович, В.М. Миронов, М.В. Ежов, Ю.Г. Матчин, М.Г. Митрошкин, М.С. Сафарова, В.Н. Шитов, М.Я. Руда. Сравнение атеросклеротических поражений коронарных артерий у больных острым инфарктом миокарда и стабильной стенокардией по данным внутрисосудистого ультразвукового исследования // *Кардиология (kardiologia)*. -2015. -55. -С. 7.
- 8 В.А. Иванов, М.Ю. Мовсесянц, И.В. Трунин. Внутрисосудистое ультразвуковое исследование // *Внутрисосудистые методы исследования в интервенционной кардиологии*. -2008. -С. 60-120.
- 9 Di Mario C., The SHK, Madretsma S. et al. Detection and characterization of vascular lesions by intravascular ultrasound: an in vitro study correlated with histology // *J Am Soc Echocardiogr*. -1992; -5. -P. 135-146.
- 10 Nishimura R.A., Edwards W.D., Warnes C.A. et al. Intravascular ultrasound imaging: in vitro validation and pathologic correlation // *J Am Coll Cardiol*. -1990; 16:145-54.

- 11 Bocksch W. et al. Intravascular ultrasound imaging in patients with acute myocardial infarction // *European Heart Journal*. -1995. -P 46-52.
- 12 Lopez-Palop R., Botas J., Elizaga J. et al. Feasibility and safety of intracoronary ultrasound. Experience of a single center // *Rev Esp Cardiol*. -1999. -V52:415-21.
- 13 Batkoff B.W., Linker D.T. Safety of intracoronary ultrasound: data from a Multi-center European Registry // *Cathet Cardiovasc Diagn*. -1996. -38:238-41.
- 14 Hausmann D., Erbel R., Alibelli-Chemarin M.J. et al. The safety of intracoronary ultrasound. A multicenter survey of 2207 examinations // *Circulation*. -1995. 91:623-30.
- 15 von Birgelen C., Klinkhart W., Mintz G.S. et al. Plaque distribution and vascular remodeling of ruptured and nonruptured coronary plaques in the same vessel: an intravascular ultrasound study in vivo // *J Am Coll Cardiol*. -2001. -37:1864-1870.
- 16 von Birgelen C., Mintz G.S., de Vrey E.A. et al. Preintervention lesion remodeling affects operative mechanisms of balloon-optimized directional atherectomy procedures: a volumetric study with three-dimensional intravascular ultrasound // *Heart*. -2000. -83:192-197.
- 17 Schartl M., Bocksch W., Koschyk D.H. et al. for the GAIN-Study Investigators. Use of intravascular ultrasound to compare effects of different strategies of lipid-lowering therapy on plaque volume and composition in patients with coronary artery disease // *Circulation*. -2001. -104:387-392.
- 18 Levine G.N., Bates E.R., Blankenship J.C., Bailey S.R., Bittl J.A., Cercek B. et al. ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions // *Circulation*. -2011; -124(23): P. 574.
- 19 Hernandez J.M., Hernandez F.H., Alonso J.A., Rumoroso J.R., Lopez-Palop R. Sadaba M. et al. Prospective application of predefined intravascular ultrasound criteria for assessment of intermediate left main coronary artery lesions results from the multicenter LITRO Study // *J. Amer. Coll. Cardiol*. -2011; -58(4). P. 351-8.
- 20 В.В. Демин, С.А. Долгов, А.В. Григорьев, А.В. Демин, А.Н. Желудков, Д.В. Демин, Е.В. Ломакина. Двадцатилетний опыт клинического применения внутрисосудистого ультразвукового сканирования в многопрофильной клинике. 2016г.
- 21 Демин В.В. Клиническое руководство по внутрисосудистому ультразвуковому исследованию // Оренбург: Южный Урал. -2009, С. 400.
- 22 В.В. Демин, М.М. Мурзайкина, А.В. Демин, С.А. Долгов, А.В. Григорьев, Э.В. Гаврилов. Оптимальная имплантация стентов бифуркационного дизайна при лечении бифуркационных поражений коронарных артерий с использованием внутрисосудистой визуализации: 10-летний опыт. 2016.
- 23 Ontario Health Technology Assessment Series. Intravascular Ultrasound to Guide Percutaneous Coronary Interventions // *Health Quality Ontario*. -2009; -6(12): P. 1-97.
- 24 Casella G, Klauss V, Ottani F, Siebert U, Sangiorgio P, Bracchetti D. Impact of intravascular ultrasound-guided stenting on long-term clinical outcome: a meta-analysis of available studies comparing intravascular ultrasound-guided and angiographically guided stenting // *Catheter Cardiovasc Interv*. -2008. -59(3). -P. 314-321.
- 25 Zhang et al. Comparison of intravascular ultrasound guided versus angiography guided drug eluting stent implantation: a systematic review and meta-analysis // *BMC Cardiovascular Disorders*. -2015. -15:153

**А.Т. Кодасбаев<sup>1</sup>, О.С. Сахов<sup>1</sup>, М.Б. Кулиббет<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Шаруашылық жүргізу құқығындағы мемлекеттік коммуналдық кәсіпорны «Қалалық кардиологиялық орталық», Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы*

*<sup>2</sup>Б.А.Атчабаров атындағы фундаментальді медицина ғылыми зерттеу институты, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы*

#### **ТАМЫРШІЛІК УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ ЗЕРТТЕУ ӘДІСІН ИНТЕРВЕНЦИЯЛЫҚ КАРДИОЛОГИЯДА ҚОЛДАНУ**

**Түйін:** Коронароангиография коронарлық тамырларды диагностикалау үшін алтын стандарт болып табылады. Алайда, коронароангиографияның кең таралғанына қарамастан шектеуші бірқатар факторлар бар. Осыған байланысты, тамыршілік ультрадыбыстық зерттеу, артерия сегментінің құрылымын толық зерттеуге, тұрақсыз және күрделі атеросклероздық түйіншектерді, атеросклероздық емес ошақтарды, тромбты, эктатикалық кеңеюлер мен диссекцияны анықтауға мүмкіндік береді. Соңғы жылдары, тамыршілік ультрадыбыстық зерттеу, коронарлық атеросклероздың визуализациясы және оның эндоваскулярлық емі үшін интервенциялық кардиологияда қосымша әдісі ретінде қолданылып келеді. Тамыршілік ультрадыбыстық зерттеудің виртуалды гистологиясы жоғары қаупі бар ошақтарды анықтауға, зақымдалған коронарлық артериялардың патофизиологиялық ерекшеліктерін жаңа тараптан көруге, әр түрлі зақымдануларды патогистологиялық ақпаратқа сүйене отырып ажыратуға септігін тигізеді. Осылайша, тамыршілік ультрадыбыстық зерттеу әдісі клиникалық тәжірибеде, тұрақсыз түйіншектерді анықтау және интервенция жүргізу үшін шешім қабылдауда, ангиопластика және стенттеу кезінде жалған стенозды анықтау үшін қолданылады.

**Түйінді сөздер:** тамыршілік ультрадыбыстық зерттеу, IVUS, интервенциялық кардиология

**A.T. Kodasbaev<sup>1</sup>, O.S. Sakhov<sup>1</sup>, M.B. Kulimbet<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>State utility company on the right of economic management «City Heart Center», Almaty city, Republic of Kazakhstan*

*<sup>2</sup>B.A. Atchabarov fundamental medicine research institute, Almaty city, Republic of Kazakhstan*

#### **APPLICATION OF INTRASCULAR ULTRASOUND IN INTERVENTIONAL CARDIOLOGY: REVIEW OF LITERATURE**

**Resume:** Even though coronary angiography is the gold standard for the diagnosis of coronary artery diseases it has a number of limiting factors. In this regard, intravascular ultrasound allows detailed study of the artery segment structure, to determine the presence of unstable and complex atherosclerotic plaques, to identify foci of non-atherosclerotic origin, to determine thrombus, ectatic extensions and dissections. In recent years, intravascular ultrasound has been used as an additional diagnostic method in interventional cardiology to visualize coronary atherosclerosis and its endovascular correction. Three-dimensional examination of the coronary segment provides information on the relationship between the plaque and the lateral branches, which allows for an adequate choice of stent along the diameter and length. Intravascular ultrasound with virtual histology allows identifying high-risk foci and provides a new way of penetrating the pathophysiological features of coronary artery lesions, allowing differentiate different types of lesions based on pathohistological information. Thus, intravascular ultrasound in clinical practice can be used to identify unstable plaques in deciding whether to intervene, determining pseudo-stenosis during angioplasty and percutaneous coronary interventions.

**Keywords:** Intravascular ultrasound, IVUS, interventional cardiology

Краткая справка на авторов

- 1) Кодасбаев Алмат Турысбекович, Кандидат медицинских наук, Государственное коммунальное предприятие на праве хозяйственного ведения «Городской кардиологический центр» Управления здравоохранения г.Алматы, Толе би 93, Алматы, Казахстан 050000, +7 727 225 00 67, [mkbkul@gmail.com](mailto:mkbkul@gmail.com)
- 2) Сахов Оразбек Сраилович, Кандидат медицинских наук, Государственное коммунальное предприятие на праве хозяйственного ведения «Городской кардиологический центр» Управления здравоохранения г.Алматы, Толе би 93, Алматы, Казахстан 050000, +7 701 354 04 56, [sahovoraz@mail.ru](mailto:sahovoraz@mail.ru)
- 3) Кулимбет Мухтар Болатулы, Магистр наук в Эпидемиологии, Научно-исследовательский институт фундаментальной медицины им. Б.А.Атчабарова при Казахском национальном медицинском университете им С.Д.Асфендиярова, Толе би 88, Алматы, Казахстан 050000, +7 707 411 30 40, [mkulimbe@kaznmu.kz](mailto:mkulimbe@kaznmu.kz)