

Оригинальные исследования

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Шевченко Ю.Л., Ермаков Д.Ю., Марчак Д.И.

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ ИЗ ВЕНЕЧНОГО СИНУСА В ЭНДОВАСКУЛЯРНУЮ ХИРУРГИЮ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ: ДВУХЛЕТНИЙ ОПЫТ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА

Институт усовершенствования врачей ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр имени Н.И. Пирогова»
Минздрава России, 105203, Москва, Россия

Целью настоящего исследования стало обобщение, систематизация и расширенный анализ данных двухлетнего клинического применения внутрисердечной ЭКГ (ЭКГ-ВС) у больных ишемической болезнью сердца (ИБС). **Материал и методы.** В исследование на проспективной основе с 2018 по 2020 г. был включен 131 больной ИБС, которым в плановом порядке выполнялось коронарное стентирование. Мониторинг ишемии осуществлялся при помощи электрофизиологической записывающей системы со следующими настройками: объединение электродов в пять пар катод–анод с диапазоном частот 30–500 Гц, отсечением сигнала в 1 см, амплитудой 0,3 мВ/см. **Результаты.** По данным ROC-анализа чувствительность метода ЭКГ-ВС в случае возникновения депрессии сегмента ST составила 79,5%, специфичность — 100%; при элевации сегмента ST — 83% со специфичностью 100% по данным, полученным у 88 пациентов с односудистыми поражениями коронарных артерий (КА). Из 43 больных ИБС компрометация диагональной ветви и достоверная ишемическая динамика ($p < 0,05$) во внутрисердечном отведении CS 3–4 после установки стента в переднюю нисходящую артерию по данным ЭКГ-ВС наблюдалась у 11 (25,6%) пациентов, 9 (20,9%) из которых было выполнено успешное провизорное стентирование, а 2 (4,6%) больным потребовалась имплантация второго стента. **Заключение.** ЭКГ-ВС является перспективным методом выявления ишемии миокарда у больных ИБС и позволяет оптимизировать интервенционное вмешательство в области бифуркации КА.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца; внутрисердечная электрокардиография; ЭКГ; мониторинг ишемии.

Для цитирования: Шевченко Ю.Л., Ермаков Д.Ю., Марчак Д.И. Внедрение электрокардиографии из венечного синуса в эндоваскулярную хирургию коронарных артерий: двухлетний опыт клинического применения метода. *Клиническая медицина*. 2020;98(9–10):665–674. DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2020-98-9-10-665-674>

Для корреспонденции: Ермаков Дмитрий Юрьевич — аспирант, e-mail: ermakov.cardiology@gmail.com

Shevchenko Yu.L., Ermakov D.Yu., Marchak D.I.

IMPLEMENTATION OF ELECTROCARDIOGRAPHY FROM THE CORONARY SINUS IN INTERVENTIONAL TREATMENT OF CORONARY ARTERIES: TWO-YEAR EXPERIENCE OF CLINICAL APPLICATION OF THE METHOD

Institute for Additional Training of Doctors of Pirogov National Medical and Surgical Center, 105203, Moscow, Russia

The aim of this study was to summarize, systematize, and extend analysis of data of two-year clinical use of intracardiac ECG (ECG-CS) in patients with coronary artery disease. **Material and methods.** 131 patients with coronary artery disease who underwent a planned coronary stenting were included in a prospective study from 2018 till 2020. Ischemia was monitored with the use of electrophysiological recording system with the following settings: combining electrodes into five cathode-anode pairs with a frequency range of 30–500 Hz, signal cut-off of 1 cm, and an amplitude of 0.3 mV/cm. **Results.** According to the ROC-analysis, the sensitivity of the ECG-CS method in case of ST segment depression was 79.5%, the specificity was 100%; with ST segment elevation — 83% with a specificity of 100%, according to data obtained in 88 patients with single-vessel disease of the coronary arteries (CA). Out of 43 patients with coronary artery disease, compromise of the diagonal branch and significant ischemic dynamics ($p < 0.05$) in the intracardiac lead CS 3–4 after stent placement in the ADA according to ECG-CS was observed in 11 (25.6%) patients, in 9 (20.9%) of which successful provisional stenting was performed, and 2 (4.6%) patients required implantation of the second stent. **Conclusion.** ECG-CS is a promising method for detecting myocardial ischemia in patients with coronary artery disease and allows to optimize intervention in the area of coronary artery bifurcation.

Key words: ischemic heart disease, intracardiac electrocardiography, ECG, ischemia monitoring.

For citation: Shevchenko Yu.L., Ermakov D.Yu., Marchak D.I. Implementation of electrocardiography from the coronary sinus in interventional treatment of coronary arteries: two-year experience of clinical application of the method. *Klinicheskaya meditsina*. 2020;98(9–10):665–674. DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2020-98-9-10-665-674>

For correspondence: Ermakov Dmitry Yuryevich — graduate student; e-mail: ermakov.cardiology@gmail.com

Information about authors

Shevchenko Yu.L., orcid.org/0000-0001-7721-315X

Ermakov D.Yu., orcid.org/0000-0002-8479-8405

Marchak D.I., orcid.org/0000-0003-2482-0946

Болезни системы кровообращения (БСК) — значимая медико-социальная проблема вследствие высокой инвалидизации и смертности населения. Преобладает в структуре заболеваемости БСК в России ишемическая болезнь сердца (ИБС) [1].

Увеличение количества рентгенохирургических вмешательств при стенозирующем атеросклерозе коронарных артерий (КА) создает вектор для развития существующих и внедрения новых методов выявления ишемии миокарда (ИшМ) [2]. В условиях рентгеноперационной в связи с отсутствием возможности наложения электродов грудных отведений, которые затрудняют визуализацию при рентгеноскопии, существующие методики регистрации ЭКГ не позволяют в полной мере оценить степень ИшМ [2, 3].

Перспективным решением данной проблемы стало внедрение унифицированного метода внутрисердечной электрокардиографии в рентгенохирургию. Академиком РАН, профессором Ю.Л. Шевченко в 2018 г. в Национальном медико-хирургическом центре им. Н.И. Пирогова (Москва) был предложен, разработан и применен на практике метод электрокардиографии из коронарного синуса с использованием электрофизиологической записывающей системы для непрерывного мониторинга ИшМ при эндоваскулярных вмешательствах на КА [4–9].

Целью настоящего исследования стало обобщение, систематизация и расширенный анализ данных двухлетнего клинического применения внутрисердечной ЭКГ (ЭКГ-ВС) у больных ИБС на базе отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения в условиях работы многопрофильного стационара.

Материал и методы

В исследование на проспективной основе с 2018 по 2020 г. был включен 131 больной ИБС, которым в плановом порядке выполнялось коронарное стентирование на базе отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и дополнительную инвазивную манипуляцию по установке внутрисердечного электрода в венечный синус сердца. Нами также было получено одобрение Локального этического комитета ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

Клиническими критериями включения в исследование являлись стабильная стенокардия напряжения; ишемия миокарда, доказанная при помощи нагрузочных проб; гемодинамически значимый стеноз КА по данным коронароангиографии (КАГ).

Критериями исключения были нестабильная стенокардия; исходные нарушения ритма и проводимости; митральная недостаточность III–IV степени; нарушение функции почек (уровень креатинина > 200 мкмоль/л); противопоказания к проведению стандартной антиагрегантной терапии; аортокоронарное шунтирование (АКШ) в анамнезе; окклюзирующее поражение КА.

У пациентов с простым однососудистым поражением коронарного русла (КР) чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) осуществлялась по стандартной методике. У больных с бифуркационными стенозами КА коронарное стентирование выполнялось по методу провизорного стентирования или, в случае необходимости, бифуркационного стентирования. ЧКВ осуществлялось на фоне постоянного мониторинга ЭКГ в 3 стандартных и 3 усиленных отведениях от конечностей пациента, пульсоксиметрии и непрямого измерения артериального давления с интервалом 5–10 мин с помощью многопараметрического конфигурированного монитора Datex-Ohmeda Cardiacap/5 (GE).

ЭКГ из венечного синуса: принцип метода и оборудование

Согласно теоретическим и экспериментальным моделям кардиоэлектрического поля, формирование систолических и диастолических токов повреждения миокарда при ишемии обуславливают четыре возможных типа распределения потенциалов: потенциал покоя (ПП) ишемизированной области меньше (по модулю), чем ПП области с нормальной перфузией — гипополяризация; потенциал покоя области повреждения выше (по модулю), чем ПП области нормальной перфузии — гиперполяризация; потенциал возбуждения (ПВ) патологической области меньше ПВ здоровой области — гиподеполаризация; ПВ поврежденной области выше, чем ПВ здоровой области — гипердеполаризация. При этом возможен синергизм первого и третьего типов смещения потенциала действия.

Установка внутрисердечного электрода (ВЭ) в венечный синус позволяет выявлять разность потенциалов на парах катод–анод электрода в момент снижения коронарной перфузии, которая выражается на внутрисердечных отведениях ЭКГ как смещение сегмента *ST* относительно изолинии. При этом амплитуда отклонения коррелирует со степенью ишемии, а направление отклонения (депрессия или элевация) — с локализацией ишемического очага и зарядом поврежденной области.

Для осуществления инвазивного интраоперационного анализа ИшМ в нашем исследовании была использована электрофизиологическая записывающая система WorkMate (St. Jude Medical). Катетеризация венечного синуса выполнялась через подключичную вену с установкой интродьюсера 7F. Под рентгеновским контролем в левой косой проекции в коронарный синус устанавливался внутрисердечный 10-канальный электрод CS. Для получения точных диагностических результатов в отношении ИшМ мы использовали биполярный режим EPRS со следующими настройками: объединение электродов в пять пар катод–анод с диапазоном частот 30–500 Гц, отсечением сигнала в 1 см, амплитудой 0,3 мВ/см. Цифровой анализ полученных данных осуществлялся при помощи компьютерной программы EP WorkMate Recording System v.4.3.2.

Статистическую обработку данных проводили на персональном компьютере MSI с использованием при-

ложения Microsoft Excel и пакета статистического анализа данных Statistica 10 for Windows (StatSoft Inc., USA). Статистической обработкой материала предусматривалось получение комбинационных таблиц, диаграмм, графиков и аналитических показателей: структуры (p), средних величин (M) и стандартных отклонений ($\pm sd$). Количественные переменные описывались следующими статистиками: количеством пациентов, средним арифметическим значением (M), стандартным отклонением от среднего арифметического значения (δ), 25-м и 75-м процентилями, медианой. Различия считались статистически значимыми при уровне ошибки $p < 0,05$, величина p , меньшая или равная заданному уровню, свидетельствует о статистической значимости результата. Данные изображены на диаграммах размаха. Также был выполнен ROC-анализ с определением чувствительности и специфичности метода для различных точек разделения.

Результаты

На первом этапе исследования нами была оценена возможность применения метода ЭКГ-ВС при эндоваскулярных вмешательствах на неосложненных односторонних поражениях КР у 88 больных ИБС, а также проведено определение его чувствительности и специфичности в отношении ИшМ. Все пациенты были распределены на 3 группы: 1-ю группу составили 32 (36,4%) пациента с изолированным поражением передней нисходящей артерии (ПНА), во 2-ю группу вошли 27 (30,6%) больных со стенотическим поражением огибающей артерии (ОА); 3-ю группу составили 29 (33%) человек с атеросклеротическим поражением правой коронарной артерии (ПКА).

Всем 88 (100%) пациентам диагноз ИБС был поставлен на основании клинического обследования с анализом жалоб, данных анамнеза заболевания и жизни, объективных методов исследования и проведения стрессовых проб.

По клинико-анамнестическим данным пациенты трех групп достоверно не отличались (табл. 1).

Преобладал правый тип коронарного кровоснабжения — у 73 (82,9%) пациентов. Степень стеноза и его протяженность составили $81 \pm 10,3\%$ и $8,9 \pm 3,3$ мм соответственно. Во всех группах среди типов поражений преобладали В1 и В2: 29 (32,9%) и 38 (43,2%); тип А встречался у 10 больных (11,4%) и тип С — у 10 (11,4%) согласно классификации АСС/АНА. Ангиографическая характеристика пациентов представлена в табл. 2.

Достоверными критериями ишемии по ЭКГ-ВС считались изменения сегмента ST в двух смежных отведениях свыше 0,1 мВ. Непосредственно после установки электрода в венечный синус до введения инструментов в коронарное русло ишемических изменений у пациентов всех трех групп выявлено не было ($p > 0,05$).

Перед установкой стента 18 (56%) пациентам из 1-й группы проводили преддилатацию зоны стеноза КА баллонным катетером. Во время баллонной инфляции передней нисходящей артерии (ПНА) ишемические изменения ($p < 0,05$) были зарегистрированы на ЭКГ,

полученной с помощью внутрисердечного электрода. Депрессия сегмента ST была зафиксирована в отведениях CS 1–2 и в среднем составила $0,09 \pm 0,02$ мВ, в CS 3–4: $0,09 \pm 0,05$ мВ. Элевация сегмента ST регистрировалась в отведениях CS 1–2 — $0,1 \pm 0,04$ мВ, CS 3–4 — $0,1 \pm 0,05$ мВ (рис. 2). Поверхностная ЭКГ достоверной ИшМ не выявила.

Во время стентирования ПНА изменения в стандартных отведениях были недостоверными. ЭКГ-ВС выявила достоверную ($p < 0,05$) депрессию сегмента ST в отведе-

Таблица 1

Дооперационная характеристика больных по клинико-анамнестическим данным

Критерий	Количество
Всего пациентов, n (%)	88 (100)
Мужчины, n (%)	68 (77,3)
Женщины, n (%)	20 (22,7)
Средний возраст, годы	$57,4 \pm 2,1$
ФК, n (%)	I 0
	II 53 (60,2)
	III 35 (39,8)
	IV 0
Артериальная гипертензия, n (%)	58 (65,9)
Сахарный диабет, n (%)	13 (14,8)
Ишемический инсульт в анамнезе, n (%)	2 (2,3)
Гиперлипидемия, n (%)	54 (61,4)
Ожирение, n (%)	47 (53,4)
Курение, n (%)	41 (46,6)

Таблица 2

Ангиографическая характеристика больных

Показатель	Количество
Всего пациентов, n (%)	88 (100)
Тип кровоснабжения миокарда, n (%)	
правый	73 (82,9)
левый	9 (10,2)
сбалансированный	6 (6,9)
Пораженный бассейн, n (%)	
ПНА	32 (36,4)
ОА	27 (30,6)
ПКА	29 (33)
Степень стеноза, %	$81 \pm 10,3$
Протяженность поражения, мм	$8,9 \pm 3,3$
Должный диаметр артерии, %	$3,1 \pm 0,4$
Типы поражения по АСС/АНА, n (%)	
тип А	10 (11,4)
тип В1	29 (32,9)
тип В2	38 (43,2)
тип С	11 (12,5)
SYNTAX Score I	
ПНА	$8,34 \pm 1,58$
ОА	$4,87 \pm 1,91$
ПКА	$2,76 \pm 0,71$

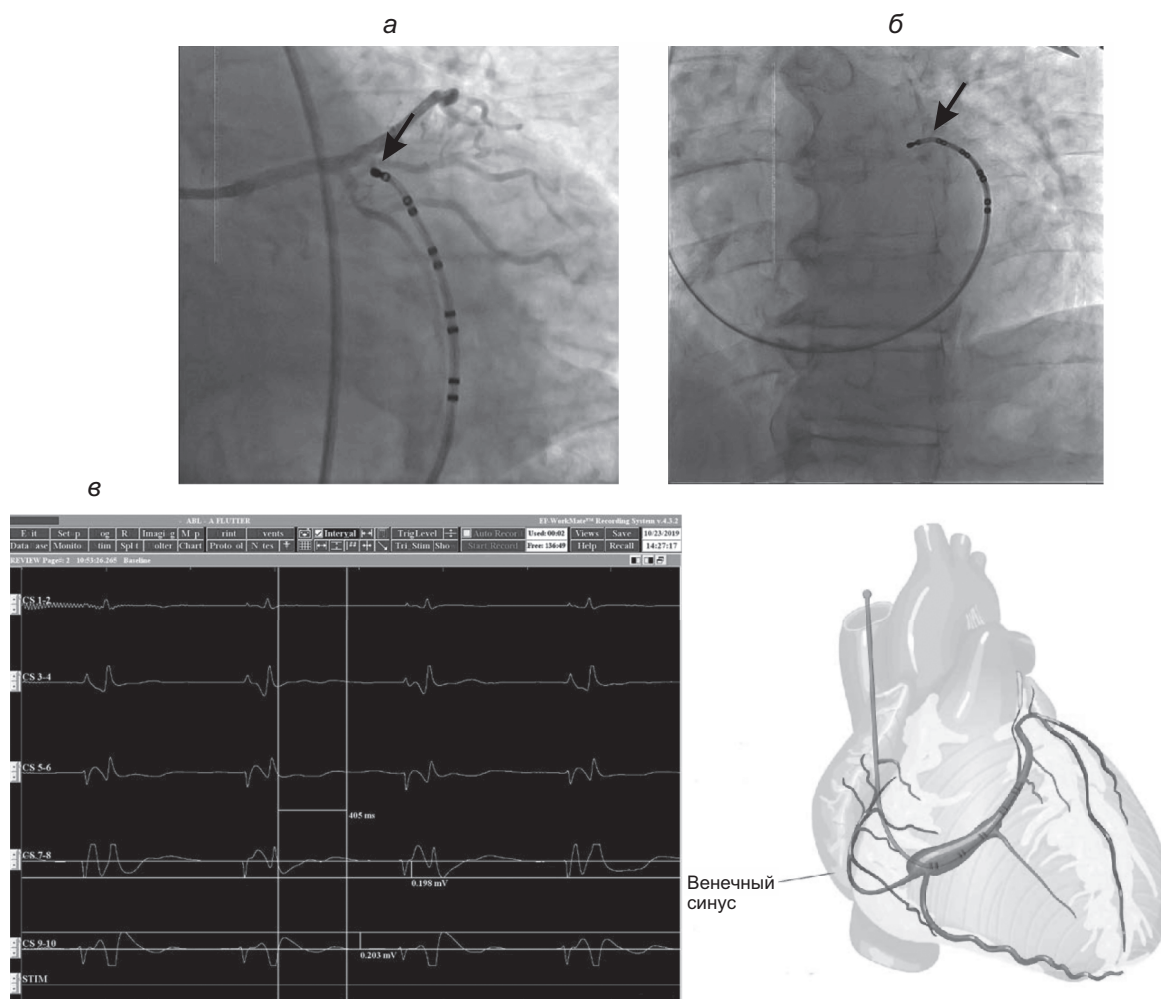


Рис. 1. Внутрисердечный электрод (а, б — указано стрелками), ЭКГ из венечного синуса (в)

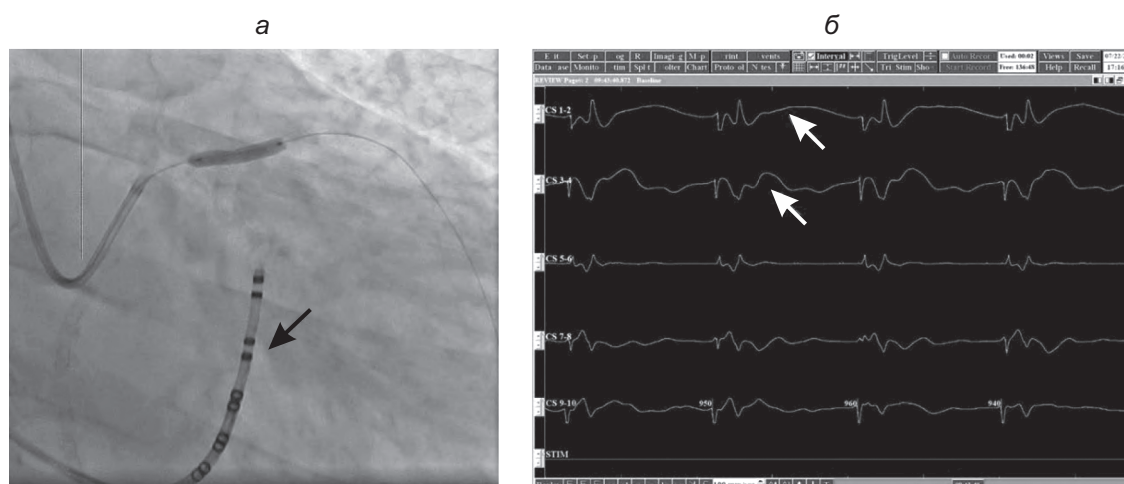


Рис. 2. Имплантация стента в ПНА: а — стрелкой указан ВЭ. Элевация сегмента ST во время установки стента в ПНА: б — указано стрелками

ниях CS 1–2 ($0,12 \pm 0,03$ мВ), CS 3–4 ($0,1 \pm 0,02$ мВ); элевация — $0,14 \pm 0,04$ мВ и $0,11 \pm 0,02$ мВ соответственно (рис. 3).

Во 2-й группе предилатация зоны стеноза была проведена 17 (63%) пациентам. При вмешательстве в бассейне ОА (рис. 4) во время баллонной инфляции ишемические

изменения ($p < 0,05$) были зарегистрированы на ЭКГ-ВС. Депрессия сегмента ST была зафиксирована в отведениях CS 3–4 — $0,08 \pm 0,03$ мВ, в CS 5–6 — $0,09 \pm 0,04$ мВ. Элевация сегмента ST регистрировалась в тех же отведениях и в среднем составила $0,1 \pm 0,04$ мВ, $0,12 \pm 0,05$ мВ. Поверхностная ЭКГ достоверной ИШМ не выявила.

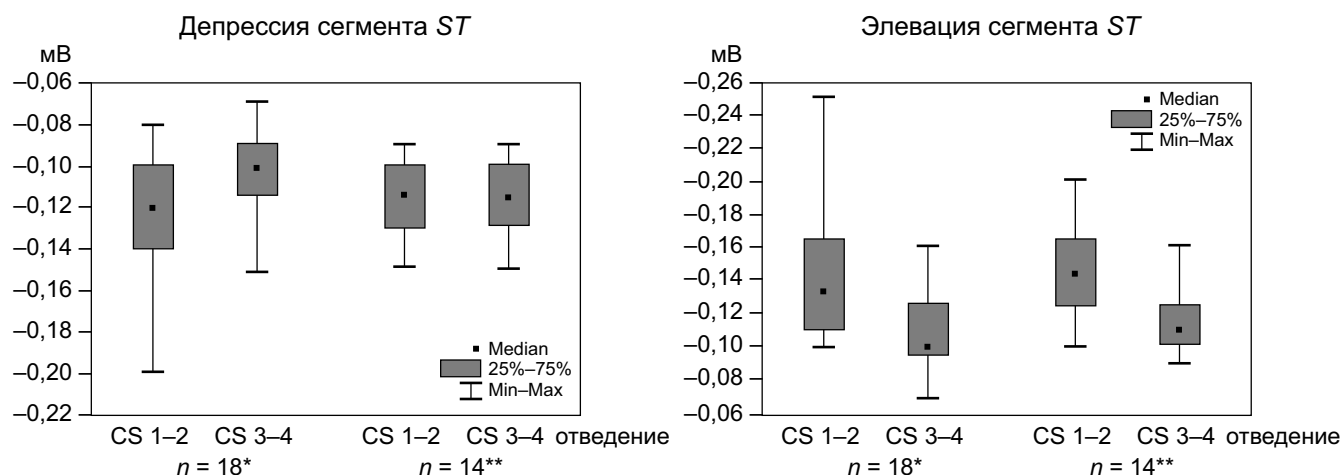


Рис. 3. Динамика сегмента ST ЭКГ-BC во время стентирования ПНА: * после баллонной окклюзии, ** после прямого стентирования

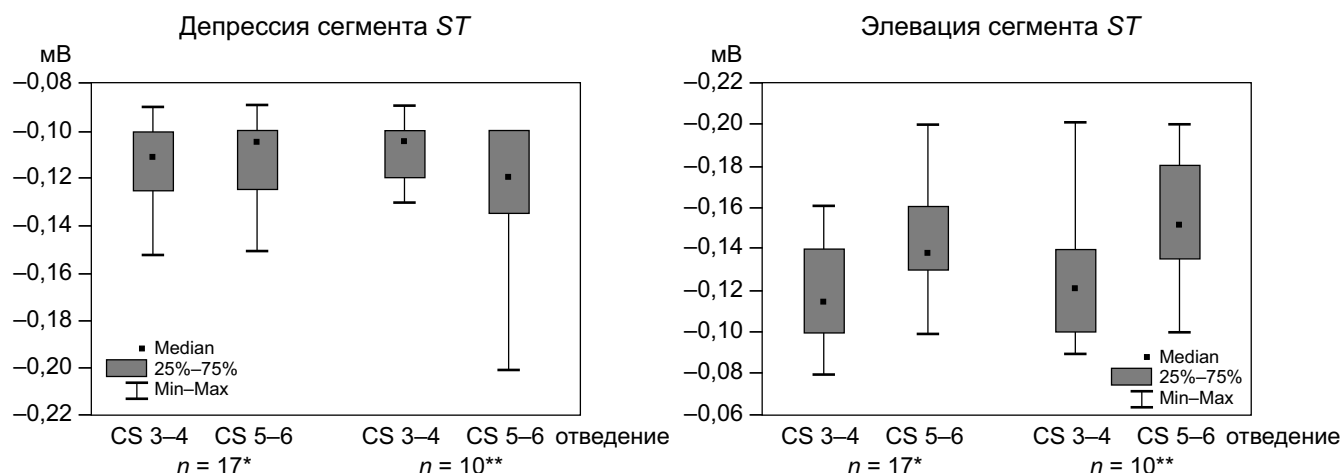


Рис. 4. Динамика сегмента ST ЭКГ-BC во время стентирования ОА: * после баллонной окклюзии, ** после прямого стентирования

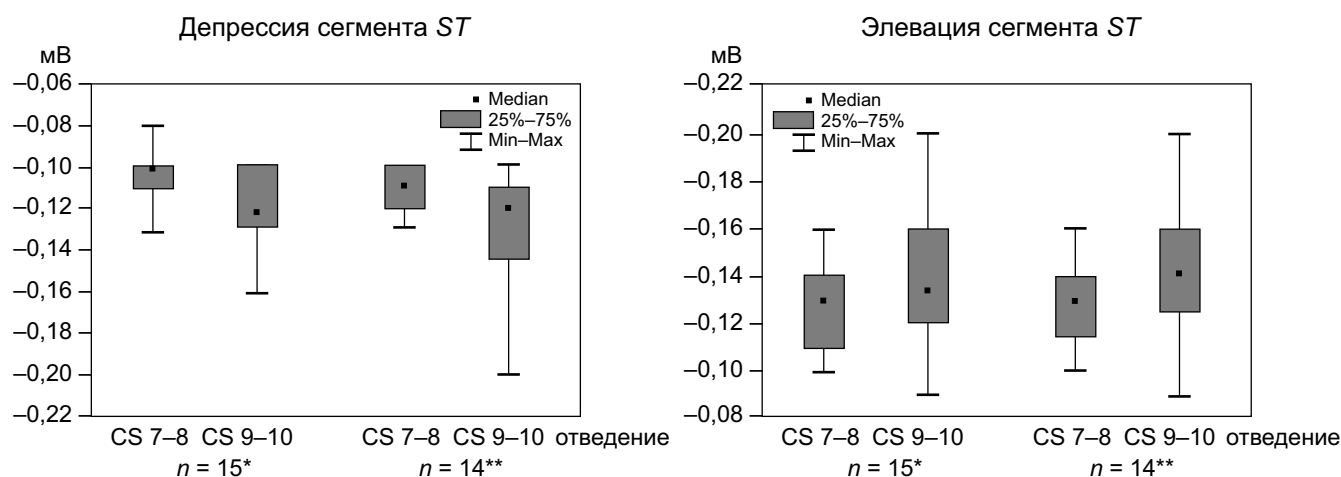


Рис. 5. Динамика сегмента ST ЭКГ-BC во время стентирования ПКА: * после баллонной окклюзии, ** после прямого стентирования

Во время стентирования ОА в стандартных отведениях диагностических критериев не выявлено. Внутрисердечная ЭКГ выявила депрессию сегмента ST в отведениях CS 3-4 — $0,11 \pm 0,02$ мВ, в CS 5-6 — $0,11 \pm 0,02$ мВ;

элевация — $0,12 \pm 0,02$ мВ и $0,15 \pm 0,03$ мВ ($p < 0,05$) соответственно.

В 15 случаях (52%) перед установкой стента пациентам 3-й группы проводили преддилатацию зоны

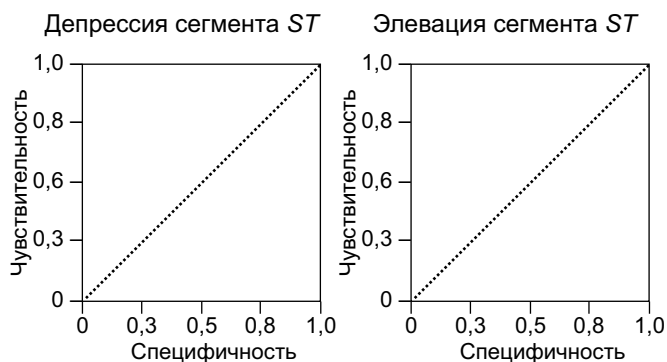


Рис. 6. ROC-анализ

стеноза. Во время баллонной инфляции во время вмешательства в бассейне правой коронарной артерии (ПКА) ишемические изменения ($p < 0,05$) были зарегистрированы на ЭКГ-ВС. Депрессия сегмента *ST* была зафиксирована в отведениях CS 7–8 и в среднем составила $0,09 \pm 0,04$ мВ, в CS 9–10 — $0,14 \pm 0,05$ мВ. Элевация сегмента *ST* регистрировалась в тех же отведениях: $0,12 \pm 0,03$ мВ, $0,12 \pm 0,05$ мВ соответственно. Поверхностная ЭКГ достоверной ишемии миокарда не выявила ($p > 0,05$).

Во время стентирования ПКА в стандартных отведениях изменения были неспецифические. Интракардиальная ЭКГ выявила депрессию сегмента *ST* в отведениях CS 7–8 — $0,1 \pm 0,01$ мВ, CS 9–10 — $0,12 \pm 0,02$ мВ; элевацию в CS 7–8 — $0,13 \pm 0,02$ мВ, в CS 9–10 — $0,14 \pm 0,03$ мВ ($p < 0,05$) соответственно (рис. 5).

После стентирования во всех группах по данным ЭКГ, снятой по стандартной методике и с использованием внутрисердечного электрода, ишемических изменений выявлено не было ($p > 0,05$).

Разницы по амплитуде у больных с предилатацией стеноза и теми пациентами, которым выполнялось прямое коронарное стентирование, во всех трех группах выявлено не было ($p > 0,05$), что свидетельствует о высокой точности диагностического метода ЭКГ-ВС.

Частота выявленной депрессии и элевации сегмента *ST* во всех трех группах не различалась и составила 48% и 52% ($p > 0,05$) соответственно.

Чувствительность метода ЭКГ-ВС по данным ROC-анализа в случае возникновения депрессии сегмента *ST* составила 79,5%, специфичность 100%. При регистрации элевации сегмента *ST* на внутрисердечной кардиограмме чувствительность метода составила 83% со специфичностью 100% (рис. 6).

Следующим этапом мы проанализировали возможности ЭКГ-ВС при лечении 43 пациентов с «ложными» бифуркационными поражениями (БП) ПНА без гемодинамически значимых стенозов диагональных ветвей. У больных с БП этап хирургического доступа не отличался от методики прямого стентирования. Имплантация коронарного стента в зону стеноза магистрального сосуда осуществлялась с защитой боковой ветви (БВ) по методу «зажатого проводника», затем проводилась оценка степени компрометации устья диагональной ветви.

При значимом усугублении стеноза диагональной ветви (ДВ) по данным КАГ, наличии жалоб пациента на загрудинную боль, появлении ишемической динамики по ЭКГ-ВС выполнялось бифуркационное коронарное вмешательство по методу провизорного стентирования. В случае неэффективности катетер-дилатации, сохранения значимого устьевого стеноза ДВ, развития диссекции боковой ветви, появления отрицательной динамики по ЭКГ-ВС проводилось полное бифуркационное стентирование. После окончания вмешательства выполнялась контрольная КАГ минимум в двух ортогональных проекциях и при получении удовлетворительного ангиографического результата удаление инструментов. Клинико-анамнестические и ангиографические данные пациентов представлены в табл. 3.

Все диагональные ветви в области БП были гемодинамически значимы: диаметр устья ДВ составлял

Таблица 3

Дооперационная характеристика больных по клинико-анамнестическим данным

Критерий	Количество
Количество пациентов	43
Мужчины, n (%)	31 (72,1)
Женщины, n (%)	12 (27,9)
Средний возраст, годы	$56,3 \pm 4,2$
ФК, n (%)	
I	0
II	16 (37,2)
III	27 (62,8)
IV	0
Артериальная гипертензия, n (%)	28 (65,1)
Сахарный диабет, n (%)	4 (9,3)
Гиперлипидемия, n (%)	30 (69,8)
Ожирение, n (%)	21 (48,8)
Курение, n (%)	19 (44,2)

Таблица 4

Ангиографическая характеристика больных

Показатель	($n = 43$)
Тип кровоснабжения миокарда, n (%)	
правый	37 (86%)
левый	3 (7%)
сбалансированный	3 (7%)
Степень стеноза, %	$79 \pm 8,1$
Протяженность поражения, мм	$9,2 \pm 2,4$
Референсный диаметр, мм	$3,0 \pm 0,4$
Классификация Medina	
1.1.0	26 (60,4%)
1.0.0	6 (14%)
0.1.0	11 (25,6%)
Степень стеноза устья диагональной ветви, %	$22 \pm 19,3$
Диаметр устья диагональной ветви, мм	$2,46 \pm 0,23$

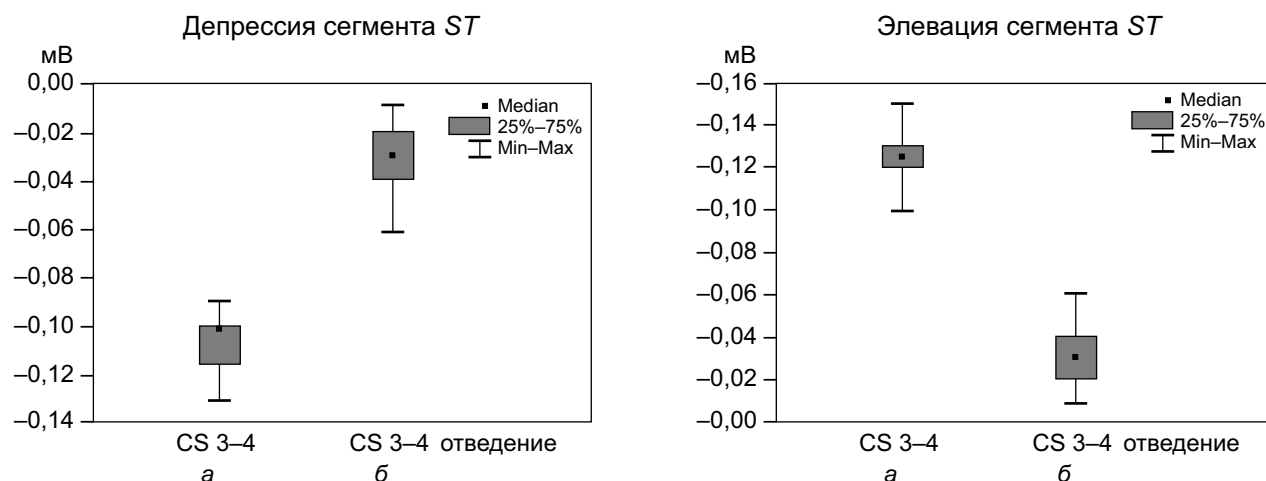


Рис. 7. Динамика сегмента ST ЭКГ-ВС после стентирования ПНА: а — компрессия SB; б — отсутствие ишемических изменений

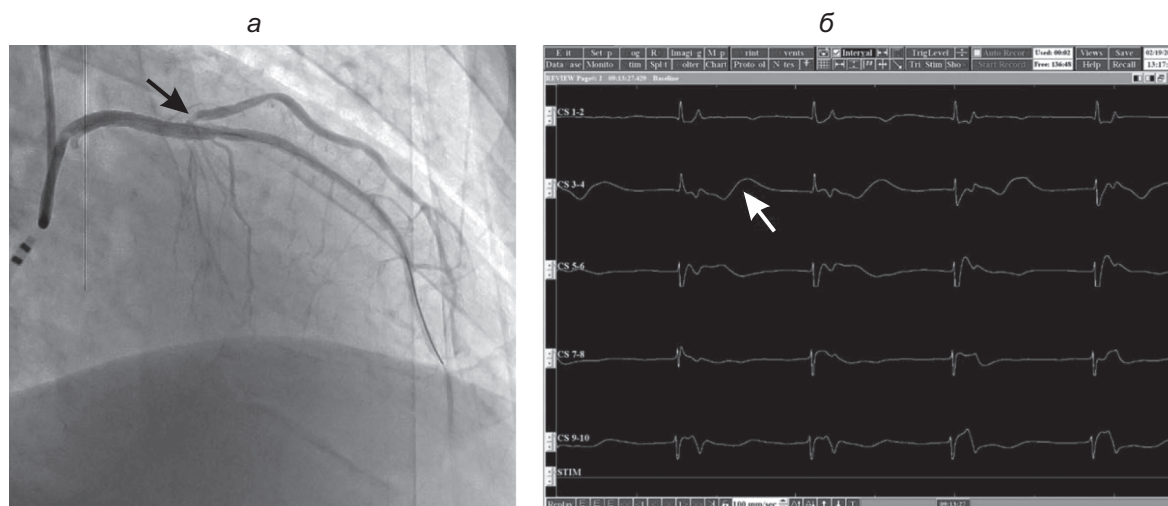


Рис. 8. Типичная картина компрессии ДВ по ангиографии (а) и ЭКГ-ВС (б — элевация сегмента ST до 0,2 мВ в отведении CS 3–4)

вил $2,46 \pm 0,23$ мм. Степень стеноза ДВ до начала интервенционного вмешательства — $22 \pm 19,3\%$ (табл. 4).

Непосредственно после установки электрода в венечный синус до введения инструментов в коронарное русло ишемических изменений у пациентов всех трех групп выявлено не было ($p > 0,05$).

Min депрессия в отведении CS 3–4 составила 0,09 мВ, max — 0,13 мВ. У 32 больных достоверных ишемических изменений сегмента ST выявлено не было. Мах депрессия, выявленная в отведении CS 3–4, равнялась 0,06 мВ, мах элевация — 0,06 мВ. Данные представлены на рис. 7 и 8.

В табл. 3 показана динамика сегмента ST во время вмешательства на ПНА в зоне бифуркации. Во время баллонной инфляции и установки стента в ПНА по внутрисердечному электроду регистрировалась достоверная ($p < 0,05$) ишемическая динамика во внутрисердечных отведениях CS 1–2 и CS 3–4. По поверхностной ЭКГ достоверные изменения ($p < 0,05$) регистрировались в I отведении (табл. 5).

После установки стента в ПНА у 32 пациентов, несмотря на ангиографические признаки усугубления стеноза устья ДВ, достоверных ишемических изменений по данным поверхностной ЭКГ и ЭКГ-ВС не регистрировалось, было принято решение об окончании ЧКВ. У 11 пациентов после имплантации стента в ПНА регистрировалась достоверная ($p < 0,05$) ишемическая динамика по ВЭ в отведении CS 3–4 (табл. 6).

Учитывая клиническую картину, ангиографические данные усугубления стеноза ДВ и ишемические изменения на внутрисердечной кардиограмме, было принято решение о выполнении провизорного стентирования с ПНА устья ДВ путем кинетической дилатации (табл. 7).

После ЧКВ устья ДВ по данным ЭКГ, снятой по стандартной методике, и внутрисердечной ЭКГ у 9 пациентов достоверных ишемических изменений зарегистрировано не было ($p > 0,05$).

У 2 больных, несмотря на выполнение ангиопластики устья боковой ветви, сохранялись ангиографические признаки резидуального стеноза БВ, депрессия в отве-

дении CS 3–4 до 0,12 мВ, жалобы на загрудинную боль. Интраоперационно было принято решение о выполнении полного стентирования с имплантацией стента в ДВ. В конце оперативного вмешательства у всех 11 пациентов достоверной динамики сегмента *ST* зарегистрировано не было.

После коронарного стентирования ни один из пациентов не предъявлял жалоб стенокардитического характера; после осуществления гемостаза все больные были переведены на 1 сут в отделение реанимации для динамического наблюдения. За время пребывания в реанимации по функциональным (стандартная динамиче-

Таблица 5

Ишемическая динамика сегмента *ST* во время вмешательства на ПНА в зоне бифуркации (мВ)

Показатель	Баллонная инфляция (<i>n</i> = 25)		Установка стента			
			пациенты с баллонной инфляцией (<i>n</i> = 25)		пациенты без баллонной инфляции (<i>n</i> = 18)	
	депрессия	элевация	депрессия	элевация	депрессия	элевация
Поверхностная ЭКГ						
I	0,07 ± 0,02*	0,06 ± 0,03*	0,09 ± 0,02*	0,1 ± 0,02*	0,1 ± 0,02*	0,1 ± 0,03*
II	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,03	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,03
aVL	0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,03	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,02
Внутрисердечная ЭКГ						
CS 1–2	0,11 ± 0,02*	0,12 ± 0,04*	0,11 ± 0,01*	0,14 ± 0,03*	0,11 ± 0,02*	0,15 ± 0,03*
CS 3–4	0,12 ± 0,02*	0,11 ± 0,03*	0,11 ± 0,02*	0,12 ± 0,02*	0,12 ± 0,02*	0,12 ± 0,02*

Примечание. * *p* < 0,05.

Таблица 6

Динамика сегмента *ST* после имплантации стента в ПНА в зоне бифуркации (мВ)

Показатель	После установки стента в ПНА			
	(<i>n</i> = 32)		(<i>n</i> = 11)	
	депрессия	элевация	депрессия	элевация
Поверхностная ЭКГ				
I	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,03
II	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,02
aVL	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,04 ± 0,01
Внутрисердечная ЭКГ				
CS 1–2	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,01
CS 3–4	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,1 ± 0,01*	0,12 ± 0,01*

Примечание. * *p* < 0,05.

Таблица 7

Динамика сегмента *ST* во время вмешательства в области устья ДВ (мВ)

Показатель	Вмешательство на ДВ			
	пациенты с баллонной инфляцией (<i>n</i> = 6)		пациенты без баллонной инфляции (<i>n</i> = 5)	
	депрессия	элевация	депрессия	элевация
Поверхностная ЭКГ				
I	0,1 ± 0,02*	0,1 ± 0,01*	0,11 ± 0,02*	0,11 ± 0,01*
II	0,05 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,03
aVL	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,02
Внутрисердечная ЭКГ				
CS 1–2	0,1 ± 0,03*	0,11 ± 0,02*	0,11 ± 0,03*	0,11 ± 0,03*
CS 3–4	0,11 ± 0,01*	0,11 ± 0,02*	0,12 ± 0,02*	0,11 ± 0,01*

Примечание. * *p* < 0,05.

ская ЭКГ в 12 отведениях) и клиническим критериям состояние всех больных было определено как стабильное, выполнение неотложной ангиографии не потребовалось. По истечении суток все пациенты были переведены в профильное отделение.

Обсуждение

Недостаточная точность ЭКГ, получаемой в единственной фронтальной плоскости от конечностей пациента в момент коронарной интервенции, привела к созданию метода ЭКГ из венечного синуса, который основан на унификации существующей стандартизированной методики инвазивного электрофизиологического исследования [2–9].

Применение ЭКГ-ВС позволяет получить объективную информацию динамики сегмента *ST* на всех этапах коронарного стентирования. Использование внутрисердечного электрода дает возможность регистрировать достоверные изменения сегмента *ST* во всех бассейнах КР. Данные проведенного анализа свидетельствуют, что в зоне кровоснабжения ПНА достоверная динамика сегмента *ST* регистрировалась в отведениях CS 1–2, CS 3–4 внутрисердечного электрода. В бассейне ОА отведениями, отвечающими за изменения сегмента *ST*, были CS 3–4 и CS 5–6. В зоне кровоснабжения ПКА достоверные изменения сегмента *ST* визуализировались в отведениях CS 7–8 и CS 9–10.

Полученное распределение ответственных за различные КА отведений CS-электрода соответствует топографическим характеристикам коронарного синуса и распределению миокардиальной перфузии: отведения CS 1–2 и CS 3–4 расположены в проекции передней стенки левого желудочка (ЛЖ) и межжелудочковой перегородки — зоне кровоснабжения ПНА; CS 5–6, CS 7–8 — боковой и частично задней стенок ЛЖ; CS 9–10 — в проекции задней стенки ЛЖ (зона кровоснабжения ПКА).

Во всех бассейнах КР в момент перекрытия кровотока минимальное смещение сегмента *ST* по модулю составило 0,07 мВ, максимальное — 0,25 мВ. Достоверной разницы по амплитуде сегмента *ST* у больных с предилатацией стеноза и теми пациентами, которым выполнялось прямое коронарное стентирование, выявлено не было. Частота выявленной депрессии сегмента *ST* составила 48%, элевации — 52%. Величина полученных амплитуд и частота возникновения депрессий и элеваций сегмента *ST* не противоречила существующим математическим и биофизическим моделям ишемии миокарда и данным экспериментальных исследований [10–12].

Данные ROC-анализа показали высокую чувствительность и специфичность ЭКГ-ВС, что свидетельствует о высокой точности метода в отношении ИшМ.

Клиническая эффективность ЭКГ-ВС была проанализирована нами у больных с бифуркационными поражениями ПНА. Наиболее важной проблемой ЧКВ в области бифуркации по методике имплантации одного стента с «зажатым» проводником и провизорного стентирования является оценка функциональной значимости БВ для миокарда. Гемодинамическая значимость выраженного стеноза устья, не сопровождающегося достоверными ишемическими изменениями на стандартной ЭКГ или кровотоком ниже ТИМІ ІІІ, не определена. Решение о выполнении баллонной ангиопластики остается сложным. С одной стороны, необходимо помнить о недооценке сужения по данным ангиографии как ограничении метода, а с другой — о риске диссекции с последующим необходимым переходом на двухстентовую методику ЧКВ, что увеличивает риск рестеноза БВ в отдаленном периоде [12, 13].

Результаты нашего исследования по точности ЭКГ-ВС в отношении ИшМ при компретации боковых ветвей СА коррелируют с данными мировой литературы. В своей работе J. Ahn и соавт. (2012) отметили, что у больных с БП КА (стеноз ДВ до начала оперативного вмешательства $34,8 \pm 17,8\%$) 17,8% боковых ветвей имели гемодинамически значимый стеноз по данным фракционного резерва кровотока (ФРК) после установки стента в основной сосуд [14]. В исследовании S.J. Kang и соавт. [15] описано, что после коронарного стентирования основного сосуда пациентов с БП (стеноз БВ до начала оперативного вмешательства $24,8 \pm 16,0\%$) на основании индекса ФРК 15% боковых ветвей потребовали дополнительного вмешательства.

В нашем исследовании применение ECG-CS позволило избежать дополнительных манипуляций в ходе выполнения интервенционного вмешательства у 32 (74,4%) больных ИБС с имплантацией стента в основной сосуд с защитой БВ проводником. У пациентов со скомпрометированными ДВ использование данных внутрисердечной ЭКГ помогло определить необходимый и достаточный в каждом конкретном случае объем интервенционного вмешательства: 9 (20,9%) больным было выполнено провизорное стентирование; у 2 (4,6%) пациентов выявлены абсолютные показания к использованию двухстентовой методики ЧКВ.

Так, метод ЭКГ-ВС обладает сравнимой точностью в отношении ИшМ с инвазивными нагрузочными тестами при бифуркационных вмешательствах на «ложных» бифуркационных поражениях КА [13–15]. При этом метод ЭКГ из коронарного синуса избавлен от технических ограничений и лимитирующих факторов, присущих инвазивным нагрузочным тестам [16].

Таким образом, можно говорить об абсолютно новом подходе к определению тактики стентирования бифуркационных поражений КА с использованием ЭКГ из венечного синуса.

Перспективным продолжением исследования эффективности внутрисердечной электрокардиографии, предложенной академиком РАН Ю.Л. Шевченко, представляется анализ ишемических изменений ЭКГ-ВС при бифуркационных вмешательствах на «истинных» бифуркациях КА во всех бассейнах коронарного русла, применение данной унифицированной методики у пациентов с нестабильной стенокардией в условиях рентгенооперационной, анализ электрических изменений миокар-

да у больных в процессе аортокоронарного шунтирования, а также оценка возможностей ЭКГ-ВС у больных, перенесших инвазивные вмешательства на сердце и находящихся в условиях отделений реанимации и интенсивной терапии.

Заключение

Полученные в исследовании результаты использования внутрисердечной ЭКГ из венозного синуса, предложенной академиком РАН, профессором Ю.Л. Шевченко, позволяют говорить о принципиально новом способе контроля ишемии миокарда у больных ИБС во время эндоваскулярных вмешательств на КА. Перспективным представляется расширение области применения данного метода у больных ИБС.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Бойцов С.А., Шальнова С.А., Деев А.Д. Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации и возможные механизмы ее изменения. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2018;118(8):98–103. [Boitsov S.A., Shalnova S.A., Deev A.D. Mortality from cardiovascular diseases in the Russian Federation and possible mechanisms of its change. *Journal of Neurology and Psychiatry named after S.S. Korsakov*. 2018;118(8):98–103. (in Russian)]
- Шевченко Ю.Л. Электрокардиография из венозного синуса при чрескожных коронарных вмешательствах. Учебное пособие. Ермаков Д.Ю. Под ред. и мет. рук. акад. РАН Шевченко Ю.Л. М.: РАЕН, 2020:28. [Shevchenko Yu.L. *Electrocardiography from the coronary sinus in percutaneous coronary interventions. Training manual*. Ermakov D.Yu., ed. and meth. hands. acad. RAS Shevchenko Yu.L. M.: RAEN, 2020: 28. (in Russian)]
- Shevchenko Y.L., Ermakov D.Y., Vakhrameeva A.Y. Tactics Optimization of Percutaneous Coronary Intervention in the Area of Bifurcation of the Anterior Descending Artery by Means of Cardiology from the Coronary Sinus. *Cardiology and Cardiovascular Medicine*. 2020;4:515–527.
- Шевченко Ю.Л., Масленников М.А., Ермаков Д.Ю. и др. Внутрисердечная электрокардиография из венозного синуса как унифицированный метод мониторинга степени и топике ишемии миокарда при эндоваскулярных вмешательствах на коронарных артериях. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2020;15(2):21–25. [Shevchenko Yu.L., Maslennikov M.A., Ermakov D.Yu. et al. Intracardiac electrocardiography from the coronary sinus as a unified method for monitoring the degree and topic of myocardial ischemia in endovascular interventions on the coronary arteries. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov*. 2020;15(2):21–25. (in Russian)]
- Шевченко Ю.Л., Ермаков Д.Ю., Масленников М.А. и др. Унифицированный метод мониторинга ишемии при внутрисердечных вмешательствах — ЭКГ из венозного синуса. Материалы IV Международной конференции (посвященной А.Ф. Самойлову) «Фундаментальная и клиническая электрофизиология. Актуальные вопросы аритмологии», М.: ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский Университет), 2020:9. [Shevchenko Yu.L., Ermakov D.Yu., Maslennikov M.A. et al. A unified method for monitoring ischemia in intracardiac interventions is an ECG from the coronary sinus. Materials of the 4th International Conference (dedicated to A.F. Samoilov) "Fundamental and Clinical electrophysiology. Actual issues of arrhythmology", Moscow: I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). 2020:9. (in Russian)]
- Шевченко Ю.Л., Ермаков Д.Ю., Масленников М.А. и др. Электрокардиография из венозного синуса — унифицированный метод мониторинга ишемии при коронарных интервенциях. Тезисы конференции ежегодной Всероссийской научно-практической конференции «Кардиология на марше!» и 60-й сессии, посвященных 75-летию ФГБУ «НМИЦ кардиологии» Минздрава России. *Кардиологический вестник. Специальный выпуск*. 2020:59–60. [Shevchenko Yu.L., Ermakov D.Yu., Maslennikov M.A. et al. Coronary sinus electrocardiography is a unified method for monitoring ischemia during coronary interventions. Abstracts of the annual all-Russian scientific-practical conference "Cardiology on the March!" and the 60th session devoted to the 75th anniversary of «SMRC cardiology» Russian Ministry of health. *Cardiology. Special Issue*. 2020:59–60. (in Russian)]
- Шевченко Ю.Л., Ермаков Д.Ю., Свешников А.В., Марчак Д.И. и др. Электрокардиография из венозного синуса при внутрисердечных вмешательствах. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2019;14(1):4–11. [Shevchenko Yu. L., Ermakov D.Yu., Svashnikov A.V., Marchak D.I. et al. Electrocardiography from the coronary sinus during intracardiac interventions. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N. I. Pirogov*. 2019;14(1):4–11. (in Russian)]
- Shevchenko Y.L., Ermakov D.Y. A new invasive method of continuously monitoring myocardial ischemia in interventional cardiology – electrocardiography from the coronary sinus. *Cardiol. Cardiovascular Med*. 2020;4:191–202.
- Shevchenko Yu.L., Marchak D.I., Gerashchenko A.V. et al. Pre-operative preparation and electrophysiological monitoring of the myocardium state with heart endovascular interventions. *International Conference Scientific research of the SCO countries: synergy and integration*. Participants' reports in English. Part 1. 2019:159–167.
- Aidu E.A., Trunov V.G., Titomir L.I. et al. Electrocardiographic ST segment changes as an indicator for localization of injury potentials. A computer simulation study. *Kardiologia*. 2006;15(1):21–24.
- Barth T.J., Griebel M., Keyes D.E. et al. Computing the electrical activity in the heart. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 2006:307.
- Fallahi A., Khorram H.G., Kokabi A. Electrocardiogram signal generation using electrical model of cardiac cell: application in cardiac ischemia. *J. Med. Eng. & Tech*. 2019;43(4):1–10.
- Mallidi J., Lotfi A. Fractional Flow Reserve for the Evaluation of Tandem and Bifurcation Lesions, Left Main, and Acute Coronary Syndromes. *Interv. Cardiol. Clin*. 2015;4(4):471–480.
- Ahn J.M., Lee J.Y., Kang S.J. et al. Functional Assessment of Jailed Distal Branches in Coronary Bifurcation Lesions Using Fractional Flow Reserve. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2012;5(2):155–161.
- Kang S.J., Kim W.J., Lee J.Y. et al. Hemodynamic impact of changes in bifurcation geometry after single-stent cross-over technique assessed by intravascular ultrasound and fractional flow reserve. *Catheter Cardiovasc. Interv*. 2013;82(7):1075–1082.
- Soares A., Brown D.L. The fallacies of fractional flow reserve. *Int. J. Cardiol*. 2019;302:34–35.

Поступила 07.08.2020