

С.Л.Гришаев, А.С.Свистов, В.Н.Солнцев*, А.Н.Пинегин*, А.Е.Аланичев

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПАРОКСИЗМАЛЬНОЙ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

Военно-медицинская академия, *Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

С целью изучения возможностей использования электрокардиографии высокого разрешения в прогнозировании развития пароксизмальной фибрилляции предсердий у больных ишемической болезнью сердца обследованы 107 больных и 96 пациентов контрольных групп.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, фибрилляция предсердий, электрокардиография высокого разрешения, когерентное накопление, спектральный анализ, временной анализ.

To study the potentialities of the high-resolution ECG in prediction of development of paroxysmal atrial fibrillation in patients with coronary artery disease, 107 patients with coronary artery disease and 96 ones of control group were examined.

Key words: coronary artery disease, atrial fibrillation, high-resolution electrocardiography, coherent integration, spectrum analysis, time analysis

Фибрилляция предсердий (ФП) является одной из актуальных проблем клинической кардиологии. Частота случаев ФП, преимущественно её пароксизмальной формы, в наши дни приобрела характер эпидемии [3]. По данным С.Furberg и соавт. (1994), ФП регистрируется в общей популяции в 0,4% случаев, а среди лиц старше 65 лет - в 6,2% случаев среди мужчин и в 4,8% случаев - среди женщин. Наличие у больного ФП резко повышает вероятность развития у него тяжелых осложнений и летального исхода. Показатель смертности у больных с ФП возрастает примерно в два раза, что в основном обусловлено частым развитием тромбоэмболических осложнений и прогрессированием сердечной недостаточности. В связи с этим, комплексная неинвазивная диагностика и прогнозирование риска развития пароксизмальной ФП (ПФП) представляется крайне важной задачей.

Исследование диагностических возможностей ЭКГ высокого разрешения (ВР) в клинической практике показало возможность использования метода для оценки высокочастотной активности предсердий. В большинстве проведенных исследований [2, 6] выявлено, что действительно у больных с ПФП выявляются низкоамплитудные сигналы в конце волны Р, так называемые поздние потенциалы предсердий (ППП).

Электрофизиологические основы ППП были изучены в исследованиях [9, 12] которые продемонстрировали наличие зон замедленного фракционированного проведения по предсердиям у больных с ПФП. Авторы отметили, что пролонгированная фракционированная электрограмма правого предсердия отражает физиологический субстрат для развития ФП. Наличие таких зон может предсказывать развитие спонтанных ПФП. Т.Оне и соавт. (1983) показали, что фрагментированные зоны предсердного проведения являются наиболее важными электрофизиологическими показателями в предсказании возникновения рецидивов ФП. Тогда как уязвимость предсердий, которая определяется как индуцируемость ФП при ЭФИ, рассматривается рядом авторов [7] как спорный предсказывающий показатель возникновения пароксизмов ФП.

Однако возможности ЭКГ ВР не исчерпываются регистрацией ППП при помощи временного метода [11], позволяющего оценить наличие электрофизиологического субстрата для развития ПФП. Не нашел широкого применения в клинической практике метод спектрально-временного картирования, который позволяет проводить спектральный анализ различных участков сердечного цикла (зубцов Р и Т, комплекса QRS), с выделением временных, амплитудных и частотных характеристик любого выбранного интервала сердечного цикла. Одновременно этот метод предоставляет возможность анализа общей спектральной плотности интегральных частот исследуемого участка.

Целью нашей работы было оценить роль электрокардиографии высокого разрешения в возможности прогнозирования развития пароксизмальной формы фибрилляции предсердий у больных ишемической болезнью сердца (ИБС).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследовано 203 человека которые были разделены на три группы. Основную группу составили 107 больных ИБС обоих полов в возрасте от 40 до 70 лет (средний возраст - $55,6 \pm 10,4$) осложненной ПФП. При формировании группы на первом этапе проводился респрос жалоб, изучался аритмический анамнез. Осуществлялось стандартное для диагностики ИБС лабораторное обследование, включающее оценку содержания глюкозы сыворотки крови, липидного спектра, кардиоспецифических ферментов и электролитного баланса.

В группу включались пациенты с ПФП, имеющие приступы трепетания или фибрилляции предсердий не реже чем, раз в месяц за последние 6 месяцев. Приступы ФП подтверждались электрокардиографически (один или более пароксизмов ФП длительностью свыше 30 секунд, восстановление синусового ритма происходило самостоятельно, либо после фармакологической или электрической кардиоверсии, длительность пароксизмов не превышала 2 суток). У большинства больных ИБС (99 человек) имела место артериальная гипертензия (АГ) степень ко-

торой, в среднем, определялась на уровне $2,4 \pm 0,6$ по классификации АНА/АСС. В исследование не включались пациенты с некоронарогенными заболеваниями миокарда (кардиомиопатиями, пороками сердца, обменно-дистрофическими и воспалительными заболеваниями сердца). В дальнейшем осуществлялась верификация хронической коронарной недостаточности по общепринятым критериям с помощью нагрузочных электрокардиографических проб (велоэргометрии), суточного мониторинга ЭКГ.

Всем больным выполнялась однофотонная эмиссионная томография сердца с ^{99}Tc -технетрилом в покое и после физической нагрузки. Функциональный класс стенокардии (в соответствии с Канадской классификацией), который устанавливался на основании данных функциональных нагрузочных проб, в группе определялся на уровне $1,8 \pm 0,6$. В ходе обследования у всех больных ИБС на основании оценки клинической картины и функциональных тестов определялся функциональный класс хронической сердечной недостаточности в соответствии с классификацией NYHA, который в среднем по группе регистрировался на уровне $2,1 \pm 0,6$.

Для контроля были взяты здоровые пациенты в количестве 96 человек, не имеющие патологии со стороны сердечно-сосудистой системы, которые для оценки зависимости показателей ЭКГ ВР от возраста были разбиты на две группы. Первую группу в количестве 27 человек составили здоровые лица мужского пола моложе 30 лет (средний возраст - $21,9 \pm 3,9$). Вторую группу составили 69 пациентов обоих полов старше 30 лет (средний возраст - $40,3 \pm 5,9$). Критерии включения и исключения в группы контроля соответствовали таковым для группы больных ИБС с ПФП. Из исследования были исключены лица с любыми формами ИБС и некоронарогенными поражениями миокарда, а также с АГ.

Все больные ИБС с ПФП до проведения исследования получали различную антиангинальную или гипотензивную терапию. В связи с этим, чтобы уменьшить антиаритмическое действие препаратов на полученные результаты, за 3 суток до исследования пациентам отменялись β -блокаторы или пролонгированные антагонисты кальциевых каналов. Исследования проводились только на синусовом ритме. Всем больным производилось электрокардиографическое исследование в 12 общепринятых отведениях. Холтеровское мониторирование ЭКГ и АД проводилось на системе Кардиотехника-4000АД («Инкарт», Санкт-Петербург). Исследование проходило в условиях свободного двигательного режима и выполнения функциональных физических нагрузок. Оценивались: параметры АД, средняя за сутки, минимальная и максимальная ЧСС; нарушения ритма сердца и ишемические изменения ЭКГ.

Исследовалась вариабельность ритма сердца за 24 часа. Анализировались временные параметры ритмограммы по стандартным методам. Эхокардиографическое исследование выполняли на эхокамере «Acuson Sequoia 512», (США). Выполнялось ЧПЭФИ на аппарате «Кордэлектрон» (Литва). Использовался учащающий режим стимуляции для оценки функции синусового узла. Радионуклидное исследование миокарда выполняли методом однофотонной эмиссионной компьютерной то-

мографии на томографе «Е.САМ Var.» (Siemens, Германия), которая позволяет получить серию срезов сердца по трем стандартным осям. В качестве радиоактивного фармакологического препарата использовался технетрил Тс-99м. При оценке результатов исследования, нарушения перфузии миокарда определяли путем сравнения изображений, полученных при нагрузке и в покое.

Всем обследуемым регистрировались электрокардиограммы высокого разрешения в соответствии с рекомендациями, опубликованными в 1991 г. Европейским кардиологическим обществом [5] с помощью аппаратуры Российско-Шведского предприятия «Geolink-Elektronics». Электрические сигналы этой аппаратурой переводятся в цифровой код 12-разрядным аналого-цифровым преобразователем. Полоса частот регистрации достигала 500 Гц, что обеспечивало последующий спектральный анализ до частоты 250 Гц при частоте дискретизации 1000 Гц. ЭКГ регистрировалась на синусовом ритме в ортогональной системе отведений Франка. При помощи пакета программ (В.В.Ковтун, 1994), для увеличения соотношения сигнал/шум проводилась процедура усреднения электрокардиограмм с привязкой по времени по зубцу R (R-триггерный режим) или P (P-триггерный режим).

ЭКГ с усреднением сигнала (СУ-ЭКГ) считалась интерпретируемой при уровне шума до 1 мкВ. После усреднения полученный сигнал подвергался фильтрации. Для её выполнения использовался двунаправленный цифровой низкочастотный фильтр Баттерворта 4-го порядка. Перед началом спектрального анализа сигнал еще раз преобразовывался. Строился полный вектор сигнала по трём отведениям по формуле: $r = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$.

Суммарный сигнал сравнивался с остаточным уровнем шумов. Если этот уровень не превышал 0,5 мкВ, то результат считался пригодным для проведения дальнейшего анализа. Применялся временной метод и спектрально-временной метод анализа ЭКГ ВР.

При проведении временного анализа по Симсону для обработки использовались усредненные электрокардиографические сигналы X, Y, и Z отведений. Эти сигналы подвергались фильтрации в диапазоне 40–250 Гц, что обеспечивает сильное подавление основных компонент зубца Р и QRS-комплекса. По отфильтрованным компонентам строился полный вектор сигнала по Франку и исследовалось его изменение во времени.

Для комплекса QRS оценивались следующие информативные параметры:

- общая продолжительность комплекса QRS (St QRS) в мс;
- продолжительность фильтрованного комплекса QRS (Tot QRS) в мс;
- продолжительность низкоамплитудных сигналов на уровне 40 мкВ в конце комплекса QRS (LAS40) в мс;
- среднеквадратичная амплитуда последних 40 мс фильтрованного сигнала QRS (RMS40) в мкВ.

Для зубца Р определялись следующие параметры:

- продолжительность фильтрованной волны Р (Fi P) в мс;
- продолжительность фильтрованного сигнала на уровне 5 мкВ (D5) в мс;
- среднеквадратичная амплитуда последних 20 мс предсердного комплекса (RMS20) в мкВ.

Спектрально-временной анализ ЭКГ ВР проводился по программам, входящим в общий программный пакет. Амплитуда спектральных компонент отмечалась соответствующим цветом на дисплее ЭВМ, в результате чего образовывалась спектрально-временная карта комплекса QRS. Наиболее высокоамплитудные участки спектрально-временной карты отмечались более яркими оттенками красного цвета. Программой предусмотрено (В.В.Ковтун, 1994) выделение локальных частотно-временных экстремумов («пиков») на общем фоне спектрограммы с привязкой их по частоте и времени возникновения к определенной фазе кардицикла. Частотные экстремумы представляют собой совокупность максимальных амплитуд зарегистрированных электрических колебаний на смежных частотах в ограниченном интервале времени.

В основу количественного анализа материалов были положены принципы доказательной медицины. Эти принципы в максимально возможной степени соблюдались также и при организации исследования, при формировании контингента обследуемых и выборе методов исследования.

На этапе первичного статистического анализа при проверке статистической однородности клинического контингента были использованы методы разведочного анализа, включая вычисление первичных статистических характеристик и построения гистограмм. Для проверки многомерной однородности данных были использованы анализ главных компонент и кластерный анализ. Анализ главных компонент также неоднократно использовался на последующих этапах исследования при изучении внутренней структуры статистических связей, как во всей группе, так и в различных подгруппах пациентов, различающихся по полу, возрасту и другим признакам [4].

При сравнении различных групп пациентов по отдельным количественным показателям был использован дисперсионный анализ с проверкой корректности его применения (сравнение дисперсий групп по Levene). Для формального описания характера возрастной зависимости у больных ИБС был применен метод линейной регрессии. При детальном исследовании взаимосвязей отдельных показателей с возрастом был использован пошаговый регрессионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для всех 3-х групп пациентов был проведен метод спектрально-временного картирования ЭКГ ВР. Этот анализ включал следующие этапы. Были выписаны координаты всех пиков на спектрально-временных картах (СВК) как для зубца Р, так и для комплексов QRS. Далее был применен авторский метод выделения информативных параметров. Поскольку сами координаты пиков достаточно неустойчивы, информативным показателем является частотно-временная область на СВК, ячейка, где возникает пик, и число пиков в ячейке. В наших предшествующих работах [1] разбиение СВК на области (3 - по времени и 3 - по частоте, всего - 9 ячеек) производилось в ос-

новном по функциональному принципу (временное пространство фронта возбуждения по миокарду), в результате чего имели место неинформативные показатели (в некоторых ячейках число пиков было слишком малым или постоянным).

При этом распределение числа пиков по ячейкам оказалось очень неравномерным. В то же время известно [2, 4], что наибольшую энтропию (а, следовательно, и информацию) имеют равномерные дискретные распределения. Поэтому в данной работе границы частотно-временных ячеек были несколько подкорректированы, чтобы, не отступая от функционального принципа, получить более равномерные распределения.

Для всей выборки пациентов были построены двумерные диаграммы рассеяния координат пиков на СВК и границы по времени и частоте были выбраны так, чтобы сделать распределения числа пиков по этим координатам более равномерным. В результате этой процедуры было получено следующее разбиение СВК.

Для зубца Р:

- по времени были выбраны границы 40 и 80 мсек. от начала пика, в результате чего 518 пиков распределились на 3 группы по 89, 333 и 96 пиков;
- по частоте 50 и 75 Гц, что дало разбиение 518 пиков на группы по 189, 192 и 137 пиков.

Для комплекса QRS:

- по времени были выбраны границы 40 и 55 мсек. от начала комплекса, и 599 пиков оказались разбиты на группы по 147, 350 и 102 пика;
- по частоте - 40 и 100 Гц, что дало разбиение 599 пиков на группы по 201, 182 и 216 пиков.

В обоих случаях средняя зона по времени оказалась существенно более ёмкой, чем боковые, однако, ее уменьшение могло привести к нарушению функционального принципа и к потере содержательной интерпретируемости СВК.

Для компактности записи таблиц и диаграмм ячейки были пронумерованы в порядке, представленном в табл. 1. Следует отметить также, что СВК зубца Р для некоторых пациентов (как в группах здоровых - по 2 человека, так и у больных ИБС с ПФП - 5 человек) оказались неинформативными, т.к. для них программа обработки не смогла выделить ни одного достоверного пика в исследуемой области.

Изучение индивидуальных распределений числа пиков по ячейкам СВК в 3-х группах показало, что все они достаточно хорошо аппроксимируются распределением Пуассона, которое полностью описывается одним параметром - интенсивностью или математическим ожиданием появления пика в ячейке. При проверке гипотезы о распределении Пуассона по критериям Колмогорова-Смирнова и хи-квадрат гипотеза оказалась отвер-

Таблица 1.

Распределение показателей СВК ЭКГ ВР по времени и частоте.

	Положение в зубце Р			Положение в комплексе QRS		
	Начало	Середина	Конец	Начало	Середина	Конец
Частоты						
Низкие	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3
Средние	P4	P5	P6	Q4	Q5	Q6
Высокие	P7	P8	P9	Q7	Q8	Q9

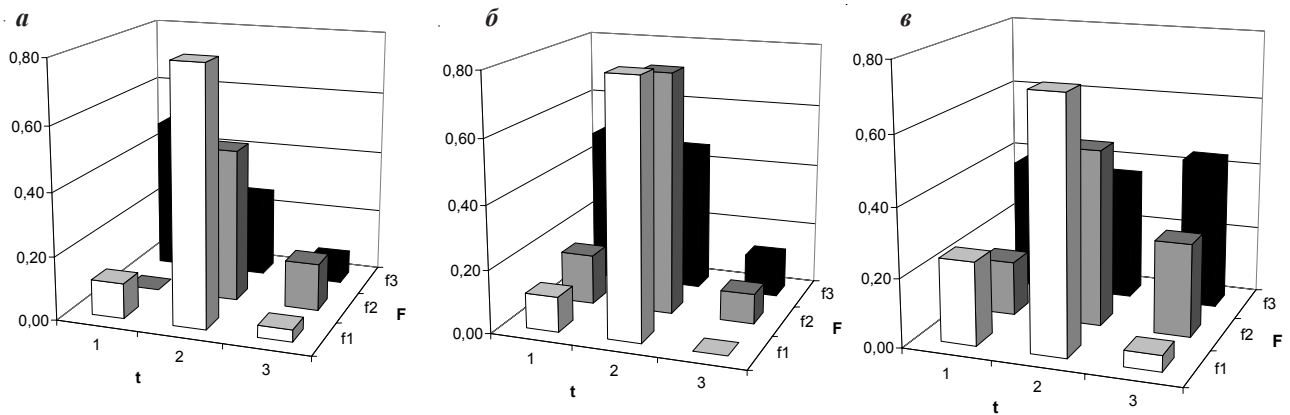


Рис. 1. Диаграммы распределения частот появления пиков в спектрально-временной карте зубца Р в исследуемых группах, где а - больные ИБС с ППП, б - здоровые молодые 30 лет, в - здоровые старше 30 лет, F - частотный диапазон, t - временной диапазон.

гнута (с $p < 0,0001$) только для двух ячеек Q2 и Q5 комплекса QRS и, естественно, суммарного числа пиков QS. Эти две ячейки определяют среднюю зону по времени и низкие и средние частоты и соответствуют зубцу R комплекса QRS, который практически всегда присутствует на ЭКГ и случайным можно считать его отсутствие.

Хотя для отдельных ячеек различия между группами оказались незначимыми, совместное распределение частот появления пиков в них показывает заметное изменение от группы к группе. На рис. 1. приведены диаграммы частот распределения пиков зубца Р по 9 ячейкам для исследуемых групп. Кроме различных картин распределения пиков по ячейкам были выявлены также наличие корреляций между численностью пиков в ячейках. Проведенный факторный анализ (в варианте главных компонент) позволил выделить наиболее информативные сочетания ячеек.

Было показано, что можно выявить две группы главных компонент (ГК), несущих основную информацию о различии между пациентами (как между, так и внутри групп). В табл. 2. приведено распределение информативности первых 11 главных компонент (как индивидуальной, так и накопленной). Первую группу образуют 1 и 2 ГК, в сумме объясняющие больше 20% общей вариации. Вторую группу образуют следующие 8 ГК, объяс-

няющие почти 53% вариации. При этом первые 7 ГК несут более 55% всей информации о выборке.

Рассмотрение диаграмм рассеяния индивидуальных значений для различных пар главных компонент показало, что первые 2 ГК несут информацию как о рассеянии внутри групп, так и о различии между 3-мя группами. Остальные ГК несут информацию только о внутригрупповом рассеянии. 1-я ГК в основном несет информацию о перераспределении пиков между 1-й и 9-й ячейками зубца Р и 5-й и 3+6-й ячейками комплекса QRS. При этом 1 ГК в основном отвечает за различие между больными и здоровыми пациентами, а 2-я - за различие между пациентами молодого и среднего возраста.

Для более четкого выделения межгрупповых различий был проведен канонический дискриминантный анализ для трех групп по 18 показателям. В результате процент правильной классификации составил 66,6%. Возможно, что достаточно низкую вероятность правильной классификации можно объяснить направленностью процедуры на выявление различий сразу между 3-мя группами, две из которых состоят из здоровых пациентов. При этом вероятность правильной классификации для группы больных (соответствующая прогностической ценности положительного результата, т.е. подтверждения ППП), достаточно велика и составляет 84,3%.

При проведении канонического дискриминантного анализа отмечено, что у зубца Р наиболее информативными оказались только 3 ячейки: 7-я, характеризующая наличие высокочастотных пиков в начальной части зубца Р и, в меньшей степени, 2-я и 6-я. В комплексе QRS информативны все ячейки и особенно 4-я, 5-я, 8-я и 9-я. Первые 2 описывают наличие среднечастотных пиков в начале и середине комплекса, а следующие 2 - высокочастотных пиков в середине и конце комплекса QRS.

При оценке рассеяния результатов дискриминантных функций (ДФ) для пациентов всех 3-х изучаемых групп отмечено, что 1-я ДФ, содержащая почти 70% информации о различии между группами, определяет отличие больных и здоровых пациентов, а 2-я ДФ - только отличие между двумя группами здоровых пациентов.

Для изучения зависимости между возрастом пациентов и показателями СВК был проведен регрессионный анализ, который не показал значимых связей. По второй канонической ДФ, определяющей различие между группами здоровых, возрастная зависимость между ними

Таблица 2.

Распределение информативности главных компонент показателей СВК ЭКГ ВР

Показатель	Индивидуальные вариации, %	Накопленные вариации, %
1 ГК	10,20	10,20
2 ГК	9,86	20,06
3 ГК	7,76	27,81
4 ГК	7,41	35,22
5 ГК	7,20	42,42
6 ГК	6,57	48,99
7 ГК	6,47	55,46
8 ГК	5,97	61,43
9 ГК	5,82	67,25
10 ГК	5,61	72,86
11 ГК	4,36	77,21

практически отсутствует. Было получено значимое уравнение регрессии для первой канонической ДФ ($1ДФ=1,43 - 0,032 \times \text{возраст исследуемых}$). Зависимость 1-й ДФ от возраста пациентов (приведенная на рис. 2), хотя и статистически значима ($p < 0,01$) для всей совокупности пациентов, но также показывает практически отсутствие таковой внутри групп. Это уравнение регрессии можно интерпретировать так, что в группе здоровых с возрастом происходит смещение суммарного информативного показателя СВК в среднем на 0,1 относительной единицы за каждые 2 года в сторону группы больных ИБС с ПФП. Однако различие между группами здоровых и группой больных ИБС с ПФП остается достаточно существенным. Таким образом, степень удаленности отдельных пациентов этой группы от групп здоровых пациентов определяется не возрастом, а особенностями протекания электрофизиологических процессов в миокарде, характеризующих СВК.

Для количественной оценки действительной возможности использования СВК в диагностических процедурах были построены 3 варианта дискриминантных процедур. Причем, группа больных ИБС с ПФП срав-

нивалась как с объединенной группой здоровых пациентов, так и с каждой группой здоровых в отдельности. В табл. 3 приведены основные характеристики этих процедур.

Для сравнения было проведено исследование информативности показателей, измеряемых по временному методу Симсона [11]. В табл. 4 приведены результаты дисперсионного анализа полученные для исследуемых групп. Видно, что формально значимые различия по дисперсионному анализу получены только для двух показателей: FiP и RMS_{20} . При этом для всех показателей, кроме D_3 , критерий Левене дал отрицательный результат, свидетельствующий о существенном различии вариабельности показателей в группах. Непараметрическое сравнение по кри-

териям Краскела-Уоллиса и медианному подтвердило значимое различие между группами для показателей FiP и RMS_{20} . Количественная оценка действительной возможности использования показателей Симсона в диагностических процедурах существенного различия от возможности использования данных СВК не носила. Однако, совместное использование показателей СВК и метода Симсона (табл. 5) существенно повышало информативность полученных данных.

В заключение был определен оптимальный набор дополнительных показателей инструментальных методов исследования сердечно-сосудистой системы, позволяющих повысить диагностическую способность прогнозирования ПФП у больных ИБС. Была применена процедура пошагового дискриминантного анализа с последующим включением и исключением признаков. В табл. 6 приведены полученные наиболее информативные признаки, кото-

Таблица 5.

Результаты дискриминантного анализа показателей СВК совместно с показателями временного метода ЭКГ ВР для исследуемых групп

Характеристики процедур	Группы обследуемых		
	1 и (2+3)	1 и 2	1 и 3
Чувствительность, %	83,3	92,9	85,0
Специфичность, %	82,1	86,4	82,5
ПЦПР, %	84,1	97,2	89,7
ПЦОР, %	81,3	70,4	75,4
ПД, %	82,8	91,8	84,1

рые включили в себя показатели СВК, временного метода по Симсону, данные ЭхоКГ и вариабельности ритма сердца. При этом показатели ЧПЭФИ в набор информативных признаков включены не были, поскольку имели низкую диагностическую значимость.

Для интегральной оценки действительной возможности использования метода ЭКГ ВР (спектрально-временного картирования и временного анализа по Симсону), а также дополнительных данных исследования сердечно-сосудистой системы в диагностических процедурах, были построены 3 варианта дискриминантных функций отделяющих группу больных ИБС с ПФП от объединенной группы здоровых пациентов и от каждой из групп здоровых в отдельности. Можно отметить, что специфичность и чувствительность метода при использовании всей совокупности информативных показателей существенно возросла. Использование всего набора информативных параметров состоящего из 16 показателей дает для прогноза развития ПФП у больных ИБС чувствительность метода - 95,4% и его специфичность - 93,5%, при правильном диагнозе 91,7%.

ВЫВОДЫ

1. Предложенная универсальная методика описания спектрально-временных карт зубца Р и комплекса QRS позволяет получить количественную оценку распределения частотных экстремумов в системе пространственно-временных ячеек, отражающих основные электрофизиологические процессы возбуждения всех участков миокарда предсердий и желудочков.

2. Метод спектрально-временного картирования ЭКГ ВР, на основе предложенной схемы описания частотно-временных характеристик, позволяет прогнозировать развитие пароксизмальной формы фибрилляции предсердий у больных ИБС с чувствительностью 75% и специфичностью 71%.
3. Метод временного анализа ЭКГ ВР в отдельности не имеет большей информативности, однако совместное его использование с методом спектрально-временного картирования существенно повышает общую чувствительность и специфичность (83% и 82%, соответственно).
4. При выделении информативных показателей дополнительных методов исследования сердечно-сосудистой системы наиболее значимыми оказались показатели

Таблица 6.

Наиболее информативные для прогнозирования ПФП показатели используемых методов исследования

Показатели	р	Коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	
		ДФ 1	ДФ 2	ДФ 1	ДФ 2
FiP	0,022730	0,01738	0,03211	0,22226	0,410605
TotQRS	0,153426	-4,53335	-4,27473	-0,33664	-0,317435
RMS40	0,583719	0,14032	-1,14604	0,05073	-0,414364
D5	0,043860	-0,84908	0,66592	-0,25179	0,197477
RMS20	0,025872	-1,38025	0,69505	-0,27958	0,140788
P1	0,353075	0,11946	0,56220	0,06048	0,284618
P6	0,121620	-0,26889	-0,60858	-0,13286	-0,300696
P7	0,001001	-0,58205	-1,82475	-0,20704	-0,649072
Q4	0,113916	0,14614	1,00726	0,05727	0,394729
Q5	0,100672	-0,15448	0,75993	-0,08395	0,412965
Q8	0,324167	0,03071	0,58594	0,01620	0,309094
ФВ	0,031577	-0,02741	0,02057	-0,26092	0,195823
ПП	0,041574	-0,10101	0,23792	-0,24407	0,101780
ЛП	<0,0001	10,06190	-0,44497	0,51616	-0,022826
pNN50	<0,0001	-3,19221	0,71654	-1,30941	0,293917
RMSSN	<0,0001	5,78907	-2,11956	1,27383	-0,466388

ЭхоКГ (фракция выброса, размер правого предсердия и размер левого предсердия) и показатели вариабельности ритма сердца (pNN₅₀ и RMSSN). При этом, показатели чреспищеводного ЭФИ сердца диагностической значимости не имели.

5. Использование всего набора выделенных информативных показателей для возможности прогнозирования пароксизмальной формы фибрилляции предсердий у больных ИБС дает чувствительность метода 95% и его специфичность 94%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов С.А., Гришаев С.Л., Тищенко О.Л и др. Новый метод описания результатов спектрально-временного картирования ЭКГ ВР и оценка его диагностической эффективности // Вестник аритмологии: СПб., 1999. – Т.14. – С. 25-29.
2. Иванов Г.Г., Грачева С.В., Сыркина А.Л. Электрокардиография высокого разрешения.: Москва, «Триада-Х», 2003. – 304 с.
3. Кушаковский М.С., Фибрилляция предсердий.: СПб, «Фолиант»: 1999. – 176 с.
4. Математическая теория планирования эксперимента./ Под ред.С.М.Ермакова.: М., «Наука», 1983. – 392 с.
5. Breithard G., Cain E., El-Sherif N. et al.. Standards for the analysis of ventricular late potentials using high resolution or signal averaged electrocardiography. A statement by a task force committee of the European Society of Cardiology,

- the American Heart Association, the American College of Cardiology // *Europ. Heart J*: 1991. – Vol.12. – P. 473-480.
6. Buxton A.E., Waxman H.L., Marchlinski F.E., Josephson M.E. Atrial conductoin: effects of extrastimuli with and without atrial dysrhythmias.// *Am J Cardiol*: 1984. – Vol.54. – P. 755-761.
 7. Engel T.R., High-frequency electrocardiography: diagnosis of arrhythmia risk.// *Am Heart J*: 1989. – Vol.118. – P. 1302-1316.
 8. Furbeg C.D., Psaty B.M., Manolio T.A. et al. Prevalence of atrial fibrillation on elderly subjects.// *Am J Cardiol*: 1994. – Vol.74. – N. 3. – P. 236-241.
 9. Lier C.V., Meacham J.A., Schaal S.F. Prolonged atrial con-

- duction. A major predisposing factor for the development of atrial flutter.// *Circulation*: 1978. – Vol.57(2). – P. 213-216.
10. Ohe T., Matsuhisa M., Kamakura S. et al. Relationship between the widening of the fragmented atrial activity zone and atrial fibrillation.// *Am J Cardiol*: 1983. – Vol.53. – P. 1219-1222.
 11. Simson M.B. Use of signal in the terminal QRS complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction // *Circulation*: 1981. – Vol. 64. – P. 235-242.
 12. Tanigawa M., Fakatani M., Konoe A. et al. Prolonged and fractionated right atrial electrograms during sinus rhythm in patients with paroxysmal atrial fibrillation and sick sinus node syndrome.// *J Am Coll Cardiol*: 1991. – Vol.17. – P. 403-408.

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПАРОКСИЗМАЛЬНОЙ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

С.Л.Гришаев, А.С.Свистов, В.Н.Солнцев, А.Н.Пинегин, А.Е.Аланичев

С целью оценки роли электрокардиографии высокого разрешения (ЭКГ ВР) в прогнозировании развития пароксизмальной формы фибрилляции предсердий (ПФП) у больных ишемической болезнью сердца (ИБС) обследованы 203 человека: 107 больных ИБС, осложненной ПФП, и 96 человек, не имеющие патологии со стороны сердечно-сосудистой системы. В основную группу включались пациенты с ПФП, имеющие приступы не реже чем, раз в месяц за последние 6 месяцев. У большинства больных ИБС (99 человек) имела место артериальная гипертензия. В исследование не включались пациенты с некоронарогенными заболеваниями миокарда (кардиомиопатиями, пороками сердца, обменно-дистрофическими и воспалительными заболеваниями сердца).

Всем обследуемым регистрировались электрокардиограммы высокого разрешения в соответствии с рекомендациями, опубликованными в 1991 г. Европейским кардиологическим обществом. Оценивали общую продолжительность комплекса QRS, продолжительность фильтрованного комплекса QRS, продолжительность низкоамплитудных сигналов на уровне 40 мкВ в конце комплекса QRS, среднеквадратичная амплитуда последних 40 мс фильтрованного сигнала QRS, продолжительность фильтрованной волны Р, продолжительность фильтрованного сигнала на уровне 5 мкВ, среднеквадратичная амплитуда последних 20 мс предсердного комплекса.

Методика спектрально-временного картирования ЭКГ ВР позволила прогнозировать развитие ПФП у больных ИБС с чувствительностью 75% и специфичностью 71%. Из других показателей, полученных при обследовании больных наиболее информативными были фракция выброса, размер правого и левого предсердий, pNN_{50} и RMSSN. Использование всего набора выделенных информативных показателей для прогнозирования ПФП у больных ИБС дает чувствительность метода 95% и его специфичность 94%.

POTENTIALITIES OF HIGH-RESOLUTION ELECTROCARDIOGRAPHY IN PREDICTION OF PAROXYSMAL ATRIAL FIBRILLATION IN PATIENTS WITH CORONARY ARTERY DISEASE

S.L. Grishaev, A.S. Svistov, V.N. Solntsev, A.N. Pinegin, A.E. Alanichev

To assess the role of high-resolution ECG in prediction of paroxysmal atrial fibrillation in patients with coronary artery disease, two hundred three patients were examined: 107 patients with coronary artery disease and paroxysmal atrial fibrillation and 96 persons without cardiovascular pathology. The investigation group included patient with paroxysmal atrial fibrillation having at least 1 paroxysm per month within the last 6-month period. The majority of patients (99 ones) had arterial hypertension. The patients with non-coronarogenic myocardial diseases (cardiomyopathies, valvular disease, metabolic disorders, and cardiac inflammation) were not included into the study.

The high-resolution ECG was recorded in all patients according to the guidelines published in 1991 by European Society of Cardiology. The durations of total QRS-complex duration, filtered QRS-complex, low-amplitude signals at a level of 40 μ V at the end of QRS-complex, the mean square amplitude of last 40 msec of the QRS-complex filtered signal, the duration of filtered P-wave and filtered signal at a level of 5 μ V, and the mean square amplitude of last 20 msec of P-wave were evaluated.

The use of spectrum and time mapping of the high-resolution ECG permitted one to predict the development of paroxysmal atrial fibrillation in patients with coronary artery disease with a sensitivity of 75% and specificity of 71%. Other most informative indices were the ejection fraction, dimensions of the right and left atria, pNN_{50} and RMSSN. Use of the indices in combination gives a sensitivity of 95% and specificity of 94% for prediction of paroxysmal atrial fibrillation.