

# ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НЕГОМОГЕННОСТИ МИОКАРДА У БОЛЬНЫХ С ЖЕЛУДОЧКОВЫМИ АРИТМИЯМИ ПРИ МНОГОПОЛЮСНОМ ПОВЕРХНОСТНОМ ЭКГ-КАРТИРОВАНИИ СЕРДЦА

Профессор А.В. СТРУТЫНСКИЙ, к.м.н. А.Б. ГЛАЗУНОВ, к.м.н. Е.В. ЦЫГАНКОВ,  
Е.Н. БАНЗЕЛЮК, к.м.н. А.Н. КАЛЛАЕВА

*Российский государственный медицинский университет, Москва,  
Российская Федерация*

**Обсуждается диагностическое и прогностическое значение анализа результатов многополосного поверхностного ЭКГ-картирования сердца у пациентов с высоким риском возникновения желудочковых аритмий. Описаны наиболее информативные картографические признаки негомогенности электрофизиологических свойств сердечной мышцы, лежащей в основе возникновения желудочковых аритмий. Показана высокая чувствительность, специфичность и положительная прогностическая ценность этого показателя у 91,7% больных ИБС, перенесших инфаркт миокарда.**

Проблема своевременной диагностики, лечения и профилактики желудочковых аритмий (ЖА) имеет важное медико-социальное значение в связи с большой распространенностью и серьезным прогнозом этих нарушений [1, 2]. Так, пароксизмальная желудочковая тахикардия (ЖТ) и фибрилляция желудочков (ФЖ) прочно ассоциированы с проблемой внезапной аритмической смерти (ВАС) [1–3]. Желудочковая экстрасистолия (ЖЭ) также нередко сопровождается снижением качества жизни, поскольку во многих случаях свидетельствует об усугублении морфологических и функциональных нарушений в сердечной мышце [1, 2]. В то же время известно, что даже ЖА высоких градаций, например политопные, спаренные ЖЭ или пробежки ЖТ, встречаются не только у больных с высоким риском жизнеопасных аритмий, но и у здоровых лиц и не являются, таким образом, достоверными предикторами ВАС [4].

В этой связи весьма актуальным является поиск новых способов выделения среди кардиологических больных пациентов с высоким риском ЖА и ВАС. Решение этой важнейшей задачи возможно только с использованием современных компьютерных приборов и систем. Можно выделить три основных методических подхода, которые с успехом используются на протяжении последних лет для решения этой задачи: длительное мониторирование ЭКГ по Холтеру, в том числе с применением современных методов оценки variability сердечного ритма [1, 5, 6], ЭКГ высокого разрешения с анализом поздних потенциалов желудочков [5, 7] и спектрально-временное картирование комплекса QRS [7].

В то же время следует подчеркнуть, что все описанные методы прогнозирования ЖА основаны на выявлении по сути одной, временной, зависимости электрических потенциалов и интегрально описывают электрическую нестабильность сердечной мышцы (ЭНСМ). Однако принципиально важным для оценки степени риска ЖА и топической диагностики аритмогенных участков сердечной мышцы является изучение пространственного распределения электрического

поля сердца (ЭПС) в различные моменты сердечного цикла, которое дает представление о негомогенности электрофизиологических свойств миокарда [2]. Такой методический подход возможен только при использовании неинвазивной методики многополосного поверхностного ЭКГ-картирования сердца, которая позволяет получать наиболее полную информацию об изменениях ЭПС [2, 8, 9].

Топической ЭКГ-картографической диагностике ЖА посвящено сравнительно немного работ [2,10]. В них убедительно показана принципиальная возможность неинвазивного определения источника ЖА с помощью поверхностного изопотенциального картирования сердца. В серии экспериментальных работ J.A. Abildskov et al. [10] было установлено, что локализация начального минимума потенциала периода деполяризации, а также ранних положительных токов реполяризации желудочков на поверхностных картах достаточно точно соответствует местоположению искусственного эктопического очага. В клинике эти данные полностью подтверждены Н. Hayashi et al. [11]. Топическая диагностика ЖЭ осуществлялась с помощью построения моментных и изохронных карт. При сопоставлении получаемых данных с результатами ЭФИ была получена высокая корреляция обоих методов.

В России сходные работы были опубликованы И.П. Поляковой, Е.З. Голуховой, А.В. Струтынским и другими авторами. Во всех этих работах основными критериями топической диагностики ЖА являлось расположение области начального негативного потенциала экстрасистолического комплекса, местоположение наиболее ранней активации эпикардиальной поверхности желудочков и траектория дальнейшего движения волны активации по сердцу.

В последние годы внимание многих исследователей было привлечено к разработке методов неинвазивной картографической диагностики повышенной уязвимости сердца в отношении развития угрожающих жизни ЖА. Так, еще в экспериментальных работах J.A. Abildskov et al. [12] была продемонстриро-

вана возможность распознавания повышенной уязвимости миокарда к ЖА с помощью оригинальной методики картирования потенциалов. Для этой цели авторы использовали построение интегральных карт периода QRST, которые, по их мнению, дают косвенную информацию о характеристиках восстановления отдельных участков сердечной мышцы, в частности о длительности их рефрактерного периода. Сопоставление исходных интегральных карт и карт, зарегистрированных после некоторых аритмогенных воздействий (локальной гипотермии, введения сердечных гликозидов, эpineфрина), позволило авторам рассчитать так называемый «индекс уязвимости», который хорошо коррелировал с частотой возникновения ЖА.

Другой методический подход к оценке результатов поверхностного ЭКГ-картирования сердца был продемонстрирован Gardner et al. При однократном обследовании больных, перенесших эпизоды пароксизмальной ЖТ или ФЖ, авторы обнаружили у большинства из них (66%) мультиполюсный характер распределения потенциалов с числом экстремумов более 4. Авторы считают, что мультиполюсный характер распределения потенциалов наряду с другими клиническими признаками может использоваться для выявления больных с повышенным риском ЖА. Сходные результаты были получены Н.А. Peters et al. [13]. По их данным, у 47% пациентов, перенесших эпизод ФЖ, имелось мультиполюсное распределение ЭПС на интегральных картах QRST, а у 24% регистрировался крупный негативный экстремум в правой половине грудной клетки. У пациентов контрольной группы распределение потенциалов было дипольным.

В исследованиях Л.А. Бокерия с соавт. [14] у 70% больных с синдромом удлиненного интервала QT в межприступном периоде было выявлено мультиполюсное распределение ЭПС на изоинтегральных картах ST-T, причем чувствительность, специфичность и диагностическая точность этих признаков достигает 70,8–77%, что превышало соответствующие характеристики дисперсии интервала QT у этих пациентов.

И.П. Полякова [2] у 67% больных с синдромом удлиненного интервала QT также обнаружила мультиполюдность изоинтегральных карт интервала QRST с большим числом дополнительных экстремумов потенциалов. Автор считает, что выявленная аномалия поверхностных проявлений процесса реполяризации миокарда связана с функциональной асимметрией миокарда желудочков, характерной для этих больных.

В работе С. Вамбо с соавт. [15] проведена сравнительная оценка метода прекардиального картирования и ЭКГ ВР. Отмечено, что у здоровых людей ЭПС носит дипольный характер, в то время как появление дополнительных экстремумов и изменение места их расположения заставляют думать о возможности наличия аритмогенного субстрата в данном участке миокарда у больных острым инфарктом миокарда (ОИМ). Показано, что мультифокусность распределения ЭПС на поверхности грудной клетки тесно коррелирует с наличием поздних потенциалов у больных ИБС, что является предиктором развития различных ЖА. Сходные данные были получены недавно в работе Л.И. Титомира с соавт. [16].

В наших работах [8], выполненных с использованием автоматической системы многополюсного ЭКГ-картирования сердца PREDICTOR BSM-32 (США), также было показано, что у 85–88% больных с ЖЭ на моментных и изоинтегральных картах распределения электрических потенциалов в период деполяризации желудочков (QRS) обнаруживается локальная ограниченная деформация ЭПС в виде появления на картах нескольких дополнительных экстремумов положительных и/или отрицательных потенциалов и грубой деформации изоэлектрических линий. Между основным и дополнительными экстремумами, как правило, располагалась зона с амплитудой потенциалов в 1,5–2 раза меньшей, чем амплитуда окружающих их областей и самих экстремумов.

Существование такого мультиполюсного распределения электрических потенциалов у больных с ЖЭ может быть объяснено только наличием в сердечной мышце нескольких фронтов возбуждения. Вероятнее всего, это связано с тем, что волна возбуждения в таких случаях распространяется в электрически неоднородной среде, отдельные участки которой отличаются друг от друга по скорости распространения возбуждения, длительности ТМПД, продолжительности рефрактерных периодов и другим параметрам. В результате происходит расщепление волны возбуждения и формирование на картограмме нескольких дополнительных экстремумов потенциалов. Следует подчеркнуть, что локализация этих участков локального нарушения проведения возбуждения в большинстве случаев соответствует месту возникновения ЖЭ.

Таким образом, в настоящее время большинством исследователей признается диагностическое и прогностическое значение мультиполюсного распределения электрических потенциалов на поверхности грудной клетки, отражающего, очевидно, негомогенность электрофизиологических свойств сердечной мышцы, лежащую в основе возникновения многих ЖА. В этих случаях мультиполюсный характер ЭПС, как правило, хорошо коррелирует с частотой выявления поздних потенциалов желудочков [17] и с результатами суточного мониторирования ЭКГ по Холтеру [8, 18, 19]. Иллюстрацией различий в характере ЭПС у больных с наличием и отсутствием ЖЭ служат изоинтегральные картограммы QRS, изображенные на рис. 1.

В то же время при детальном изучении изопотенциальных (моментных) и изоинтегральных картограмм периода QRS, зарегистрированных более чем у 200 пациентов с самой разнообразной кардиальной патологией, мы обратили внимание на то, что в ряде случаев у пациентов контрольных групп, у которых при длительном мониторировании ЭКГ по Холтеру не выявлялись ЖА, также можно было обнаружить значительную локальную деформацию изоэлектрических линий и появление нескольких дополнительных экстремумов потенциалов, т.е. обнаружить мультиполюсный характер ЭПС. Чаще всего (в 16–26% случаев) такие нарушения возникали у больных ИБС, особенно перенесших ИМ или эпизоды нестабильной стенокардии. В этих случаях речь шла о существенных нарушениях траектории движения волны возбуждения, вызванных локальными задержками проведения электрического импульса

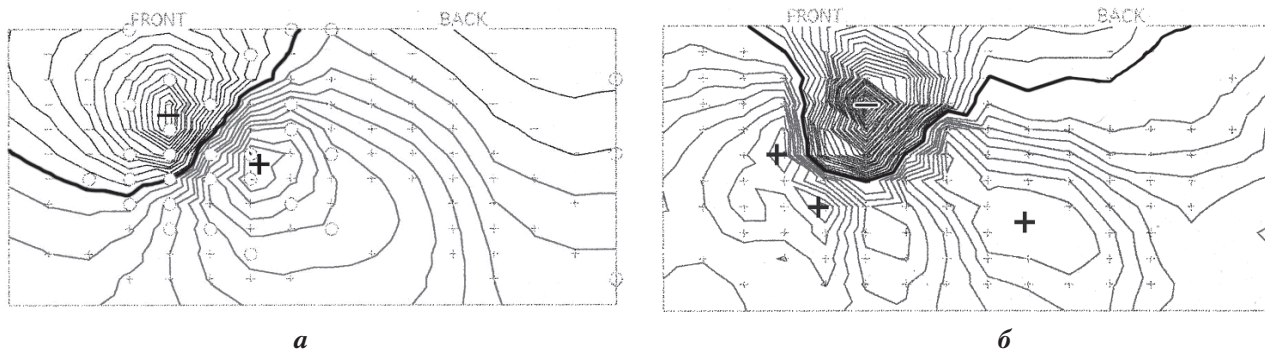


Рис. 1. Дипольное и мультипольное распределение потенциалов на интегральных картах QRS у здоровых лиц (а) и у больного с ЖЭ (б)

в области наиболее пораженных сегментов левого желудочка (рис. 2). Правда, продолжительность существования такого мультипольного распределения потенциалов у большинства пациентов контрольных групп была существенно меньше, чем у больных с ЖА.

В связи с этим был сделан вывод о том, что мультипольность ЭПС, определяемая на изоинтегральных или интегральных картах QRS, не всегда является достаточным условием для возникновения ЖА [18–20].

Второй важной особенностью ЭПС, выявленной нами практически у всех пациентов с ЖА, явились выраженные колебания абсолютных значений глобального или дополнительных экстремумов потенциалов (электрическая альтернация экстремумов потенциала). Так, значения площадей глобального максимума на интегральных картах QRS менялись в соседних синусовых комплексах в среднем на 32,5%, а значения дополнительных экстремумов — на 15,7%. У здоровых лиц и у пациентов контрольных групп (без ЖА) колебания экстремумов потенциалов не превышали соответственно 5,8 и 8,5% ( $p < 0,01$ ).

Таким образом, было установлено, что ЖЭ возникает не только при наличии мультипольного распределения электрических потенциалов, свидетельствующем об электрической негетомогенности миокарда, но и при наличии выраженной нестабильности ЭПС в виде значительных колебаний абсолютных значений глобального и дополнительных экстремумов потенциалов. Совокупность именно этих двух признаков (ЭНГМ и ЭНСМ) в большинстве случаев позволяла

диагностировать состояние повышенной уязвимости миокарда к возникновению ЖА.

Третьим феноменом, обнаруженным нами при анализе ЭПС у больных с ЖА, явились существенные изменения процесса реполяризации желудочков в виде появления выраженной деформации изолиний и изломов, определяемых на изопотенциальных и изоинтегральных картах последней трети зубца Т (рис. 3). Области этих изломов, как правило, отличались существенно более низким или нулевым потенциалом и имели иногда весьма причудливую форму, глубоко вдаваясь в область более высокого потенциала. Не исключено, что локальные изломы фронта конечной реполяризации соответствуют тем участкам миокарда, которые раньше всего выходят из рефрактерного периода, что может создавать условия для повторного входа волны возбуждения из соседних

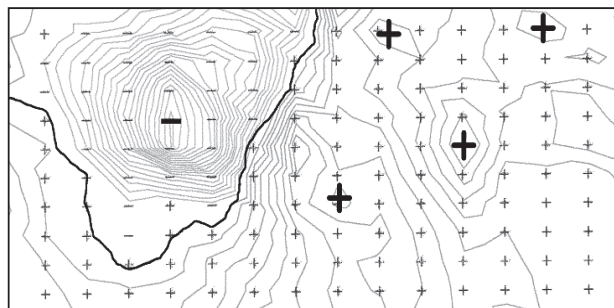


Рис. 2. Мультипольный характер ЭПС у пациента с ПИКС без ЖА на интегральных картах QRS

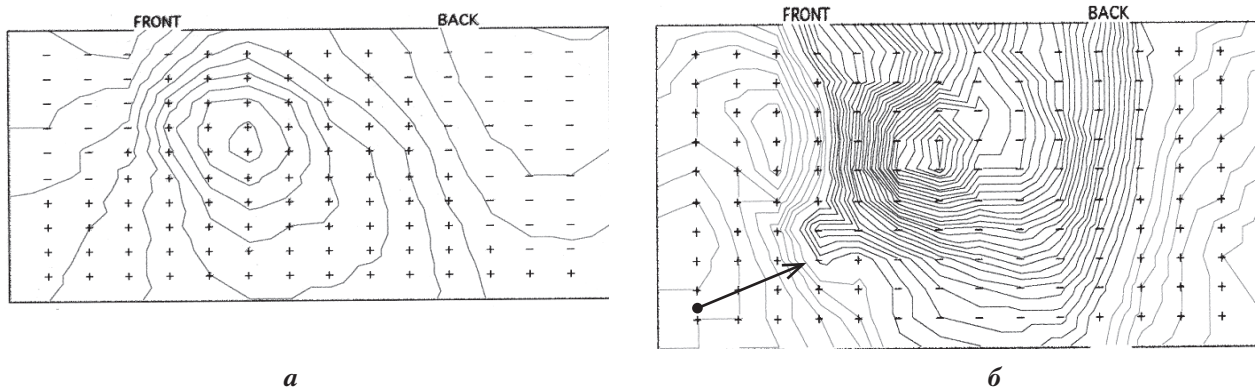


Рис. 3. Фронт реполяризации у здорового человека (а) и излом фронта конечной реполяризации у пациента с ЖЭ (б) (по данным изопотенциального ЭКГ-картирования)

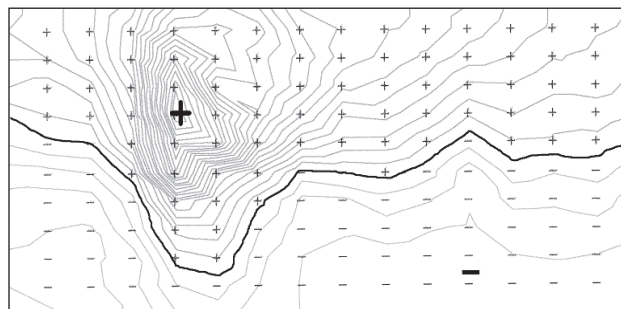
участков сердечной мышцы, еще сохраняющих электрическую активность [1, 14]. Феномен деформации фронта конечной реполяризации в целом встречался у 46,9% пациентов с ЖА, хотя у больных ИБС, перенесших трансмуральный ИМ, частота его выявления достигала 91,7%.

Таким образом, у значительной части больных с ЖА выявлялась отчетливо выраженная неодновременность окончания процесса реполяризации в отдельных участках миокарда желудочков, что, вероятно, отражает различия в продолжительности ТМПД отдельных групп кардиомиоцитов и в ряде случаев может служить субстратом для возникновения ЖА. В связи с этим представляла интерес оценка двух временных параметров, характеризующих длительность реполяризации отдельных участков сердечной мышцы:

- 1) времени окончания волны Т (tBeT), измеряемого от общего начала деполяризации желудочков до окончания волны Т в данной локальной точке картограммы;
- 2) продолжительности интервала QT, измеряемого от начала комплекса QRS до окончания волны Т в каждом из множественных отведений картограммы.

Известно, что дисперсия интервала QT, измеренного в разных отведениях стандартной ЭКГ<sub>12</sub>, имеет независимое прогностическое значение для прогнозирования ВАС [21, 22]. Сравнение продолжительности интервалов QT и BeT в множественных отведениях картограммы, покрывающей всю поверхность грудной клетки, позволяет оценить пространственное (двухмерное) распределение на поверхности грудной клетки двух временных параметров и представляется более информативным, чем традиционная оценка дисперсии этого интервала по стандартной ЭКГ<sub>12</sub>. При этом хорошо визуализируются участки миокарда, в которых соседствуют крайние значения интервалов QT и BeT. По предварительным данным, полученным в ходе исследования, именно эти зоны ответственны за возникновение эктопической активности желудочков, отражая электрофизиологический субстрат ЭНГМ. Было показано, например, что у больных с ЖЭ дисперсия интервала QT, превышающая 75 мс (в норме  $49,9 \pm 4,1$  мс), встречается у 65,3%, а дисперсия интервала BeT больше 50 мс (в норме  $35,0 \pm 3,2$  мс) — у 59,4% больных. У пациентов контрольной группы (без ЖЭ) частота выявления этих признаков составила соответственно 10,0 и 33,3% ( $p < 0,01$ ).

Таким образом, методика многополюсного поверхностного ЭКГ-картирования сердца позволяет выявить несколько специфических особенностей ЭПС, характерных для пациентов с ЖА:



До лечения

мультиполюсный характер ЭПС в период деполяризации желудочков (при длительности существования мультиполюсности  $> 14$  мс и колебаниях амплитуды глобального или дополнительных экстремумов потенциалов  $> 12\%$ );

появление на изоинтегральных и изопотенциальных (моментных) картах конечной реполяризации (последняя треть волны Т) выраженного локального дефекта ЭПС в виде деформаций и изломов фронта конечной реполяризации;

- увеличение дисперсии интервала QT  $> 75$  мс;
- увеличение дисперсии интервала BeT  $> 50$  мс.

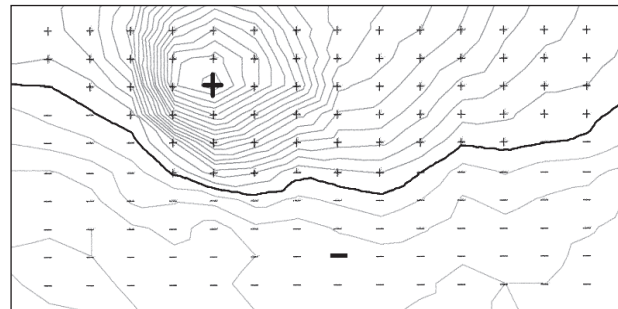
Информативность этих картографических признаков ЭНГМ у больных с ЖА представлена в таблице. Следует добавить, что у пациентов с ИБС, перенесших ИМ, информативность всех представленных в таблице показателей ЭНГМ была существенно выше, чем в целом по группе больных с ЖА. Так, у больных постинфарктным кардиосклерозом наиболее информативной совокупностью признаков ЭНГМ являлась локальная деформация и «изломы» фронта конечной реполяризации в сочетании с дисперсией интервала BeT  $> 50$  мс. Чувствительность, специфичность и положительная прогностическая ценность этого критерия ЭНГМ достигала 91,7%.

*Чувствительность (Ч), специфичность (С) и положительная прогностическая ценность (ППЦ) некоторых картографических признаков ЭНГМ у больных с ЖЭ (данные в %)*

Признаки ЭНГМ	Ч	С	ППЦ
Мультиполюсный характер ЭПС в период QRS	78,1	73,3	75,8
Деформация и «изломы» фронта реполяризации	46,9	90	83,3
Дисперсия tQT $> 75$ мс	65,3	90	82,4
Дисперсия tBeT $> 50$ мс	59,4	66,7	65,5

Интересно, что на фоне эффективной терапии больных с ЖА амиодароном или соталолом в 53% случаев полностью исчезло мультифокальное распределение потенциалов в период деполяризации желудочков, в 40% — деформация и «изломы» фронта конечной реполяризации. В остальных случаях наблюдалось значительное уменьшение признаков ЭНГМ и достоверное уменьшение дисперсии интервалов QT и BeT (рис. 4).

В целом полученные в исследованиях результаты приводят к заключению, что многополюсное поверх-



После лечения

Рис. 4. Исчезновение излома фронта конечной реполяризации на фоне эффективной антиаритмической терапии амиодароном

ностное ЭКГ-картирование сердца в настоящее время является одним из наиболее перспективных методов выявления ЭНГМ у больных с высоким риском ЖА.

Дальнейшие исследования должны показать, насколько эта методика может оказаться полезной для уточнения механизмов ЖЭ и прогнозирования ВАС.

#### Л и т е р а т у р а

1. Аритмии сердца / Под ред. В.Дж. Мандела.— М.: Медицина, 1996.
2. Полякова И.П. Исследование электрофизиологических свойств миокарда и диагностика нарушений ритма сердца методом поверхностного картирования: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук.— М., 1999.
3. Мазур Н.А. Внезапная смерть больных ишемической болезнью сердца.— М.: Медицина, 1986.— 246 с.
4. Внезапная сердечная смерть: Рекомендации Европейского кардиологического общества / Под ред. проф. Н.А. Мазур.— М.: Медпрактика, 2003.
5. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца.— М., 1998.
6. Макаров Л.М. Холтеровское мониторирование.— М.: Медпрактика, 2003.— 339 с.
7. Иванов Г.Г., Сметнев А.С., Сандриков В.А. и др. ЭКГ высокого разрешения: некоторые итоги 4-летних исследований // Кардиология.— 1994.— № 5.— С.22–26.
8. Диагностические возможности поверхностного ЭКГ-картирования сердца при различных клинико-электрокардиографических синдромах / А.В. Струтынский, А.А. Рейснер, Е.В. Цыганков и др. // Рос. кардиол. журн.— 1999.— № 2—С. 62–67.
9. Особенности процесса реполяризации миокарда желудочков до и после радиочастотной абляции манифестирующих парасептальных дополнительных предсердно-желудочковых соединений / Л.А. Бокерия, И.П. Полякова, А.Ш. Ревитшвили, О.В. Глушенкова // Вестн. аритмол.— 2002.— № 30.— С. 5–13.
10. Абилдсков Дж.А., Люис Р.Л. Электрокардиографическое картографирование поверхности тела // Кардиология.— 1987.— № 7.— С. 18–22.
11. Distribution of abnormal Q wave and R wave amplitude on body surface in relation to left ventricular wall motion abnormalities in myocardial infarction / H. Hayashi, H. Kojima, A. Takami et al. // Jpn. Circ. J.— 1981.— Vol. 45.— P. 918.
12. Body surface distribution of QRST area / J.A. Abildskov, P.M. Urie, R.L. Lux et al. // Adv. Cardiol.— 1978.— 59 p.
13. Electrocardiographic identification of abnormal ventricular depolarization and repolarization in patients with idiopathic ventricular fibrillation / H.A. Peters, A. Sippensgroenewegen, E.F. Wever et al. // J. Am. Coll. Cardiol.— 1998.— Vol. 31.— P. 1406–1413.
14. Бокерия Л.А., Голухова Е.З., Иваницкий А.В. Функциональная диагностика в кардиологии.— М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2002.— 193 с.
15. Комплексная оценка электрической нестабильности миокарда с использованием методов ЭКГ-картирования и ЭКГ высокого разрешения у больных с острым инфарктом миокарда. / С. Вамбо, Н.М. Кушхова, Г.Г. Иванов, и др. // Электрокардиография на рубеже веков: Сб. тез. конгресса.— М., 1999.
16. Исследование электрофизиологических свойств миокарда с использованием методов ЭКГ высокого разрешения и поверхностного картирования при проведении стресс-теста / Л.И. Титомир, С.В. Грачев, Н.М. Кушхова, А.Б. Кузнецов // ЭКГ высокого разрешения.— М.: Триада-Х, 2003.— С. 207–224.
17. Principal component analysis of 32 lead body surface maps: a promising non-invasive approach to the detection of coronary artery disease at rest / M.W. Krukoff, A.K. Evans, K.S. Pieper et al. // Abstr.64<sup>th</sup> sci. sess.— Circulation.— 1991.— Vol.84(4). Suppl. II.— P. 211–236.
18. Диагностика электрической негетомогенности миокарда у больных с желудочковыми аритмиями с помощью поверхностного ЭКГ-картирования сердца / А.В. Струтынский, А.А. Рейснер, Али Дж. А. Мохамад и др. // Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий: Тез. докл. междунар. симп.— М., 1999.— С. 65–66.
19. Новый способ выявления электрической негетомогенности миокарда у больных с желудочковыми аритмиями / А.Б. Глазунов, А.В. Струтынский, Д.О. Ибрагимова, Е.В. Цыганков // Факторы риска, адаптация, профилактика неинфекционных заболеваний: Тез. междунар. конф.— М.: Иваново, 2001.— С.210–212.
20. Способ выявления электрической негетомогенности и нестабильности миокарда желудочков с помощью поверхностного многополюсного ЭКГ-картирования / А.Б. Глазунов, А.В. Струтынский, А.А. Рейснер и др. // Реабилитология: Сб. науч. трудов.— М.,2003.— С. 212– 215.
21. Сумароков А.Б. Риск-стратификация больных ишемической болезнью сердца // Руск. мед. журн.— 1998.— Т. 6,— № 14— С. 112–132.
22. Peaks of Q-Tc lengthening measured in Holter recordings as marker of life-threatening arrhythmias in postmyocardial infarct patients / V. Marti, J. Guindo, E. Homs et al.// Am. Heart J.— 1992.— Vol. 27 (3).— P. 234–235.

Поступила 08.12.2003

#### CAPABILITIES OF REVEALING MYOCARDIUM ELECTRICAL INHOMOGENICITY IN PATIENTS WITH VENTRICULAR ARRHYTHMIAS AT MULTI-POLE SUPERFICIAL ECG-MAPPING OF THE HEART

A.V. Strutynsky, A.B. Glasunov, E.V. Tsygankov, E.N. Banseliuk, A.N. Kallayeva

#### S u m m a r y

Diagnostic and prognostic significance of the analysis of findings of multi-pole superficial ECG-mapping of the heart in patients with high risk of ventricular arrhythmias is discussed. Informative mapping signs of inhomogeneity of electrophysiological properties of the cardiac muscle which are responsible for ventricular arrhythmias development are described. High sensitivity, specificity, and positive prognostic value of this parameter in 91.7% of CAD patients who suffered myocardial infarction is shown.