

Информативность магнитокардиографии для оценки поражения миокарда у больных с острым коронарным синдромом по сравнению с эхокардиографией и электрокардиографией

И.А. Чайковский, Г.В. Мясников, А.П. Казмирчук, В.Н. Сосницкий, А.Г. Голуб, С.В. Софиенко, З.В. Левшова, Т.В. Сосницкая, Ю.В. Городинская

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины, Киев
Главный военно-медицинский клинический центр «Главный военный клинический госпиталь», Киев
Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, Киев

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: острый коронарный синдром, инфаркт миокарда, нестабильная стенокардия, магнитокардиография, электрокардиография, комплексный индекс

Степень поражения миокарда у больных, перенесших инфаркт миокарда (ИМ), – более точный прогностический признак для смертности и серьезных сердечно-сосудистых событий, чем фракция выброса (ФВ) или конечнодиастолический объем левого желудочка (ЛЖ) [9]. Поэтому разработку надежных методов определения степени повреждения миокарда (относительного размера зоны некротизированного миокарда) считают актуальной клинической задачей. Объем поврежденного миокарда может быть достаточно точно определен с помощью таких методов визуализации миокарда, как магнитно-резонансная томография (МРТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография, позитронно-эмиссионная томография. Однако они не всегда доступны, и их применение требует значительных затрат. Отрицательный момент – использование источников ионизирующей радиации, что приводит к появлению радиационных рисков для пациента. Биохимические маркеры некроза также обладают определенной прогностической ценностью, однако их недостаток – относительно низкая специфичность. Электрокардиография остается наиболее распространенным, не имеющим противопоказаний методом функциональной диагностики в кардиологии, который можно использовать для неограниченного количества повторных исследований.

Определение по данным ЭКГ степени поражения миокарда и прогноза у больных, перенесших ИМ, – хорошо разработанная часть электрокардиографической теории и практики [5, 12, 22]. Существует несколько схем классификации ЭКГ, предназначенных для количественной оценки размера острого ИМ или постинфарктного рубца. Все они основаны на амплитудно-временных показателях (амплитуде и продолжительности зубцов комплекса QRS). В этих схемах степень поражения миокарда оценивают в баллах, поэтому нередко используют общее название этого раздела электрокардиографии – электрокардиографические баллы повреждения миокарда (ECG damage scores) [17]. Чаще всего применяют две схемы классификации ЭКГ – балл Сильвестра (Sylvester score) и балл повреждения при ИМ (Cardiac infarction injury score). Показана высокая степень корреляции между электрокардиографическим баллом повреждения миокарда и размером ИМ, определенным с помощью другого, более сложного метода диагностики, например МРТ а также с данными патологоанатомического исследования [15, 16, 18, 23, 24].

Во многих работах продемонстрированы возможности магнитокардиографии (МКГ) – метода неинвазивного электрофизиологического исследования сердца, который заключается в

бесконтактной регистрации и анализе магнитного поля, порожденного электрической активностью миокарда на протяжении сердечного цикла. Основное достоинство МКГ – ее значительно более высокая (по сравнению с ЭКГ) чувствительность к патологическим изменениям в электрофизиологии сердца. Существуют и методологические преимущества МКГ [3]: применение обратной задачи магнитостатики, то есть восстановление распределения токов в сердце (в то время как ЭКГ анализирует лишь распределение разности потенциалов на поверхности тела), а также применение картирования. Таким образом, анализ данных МКГ состоит не в оценке амплитудно-временных параметров в отдельных отведениях или точках измерения, а в интерпретации пространственной и временной структуры распределения токов в сердце.

В предыдущих работах нами показаны возможности МКГ в диагностике хронической ишемической болезни сердца (ИБС) [4].

Логично предположить, что достоинства МКГ проявятся и в более высокой, по сравнению с электрокардиографическими методами, чувствительности для определения степени поражения миокарда у больных с острым коронарным синдромом (ОКС), иными словами в более тесной связи показателей МКГ с объемом ИМ, функцией ЛЖ, анатомией венечных сосудов.

МКГ – это способ визуализации миокарда. Показания к применению основных методов визуализации миокарда на всех этапах диагностики и лечения больных с ОКС (при поступлении, по окончании острой фазы, перед выпиской) описаны в современных рекомендациях [19].

Цель работы – исследовать возможности магнитокардиографического индекса в оценке степени поражения миокарда у больных с острым коронарным синдромом перед выпиской из стационара.

Материал и методы

Обследованные были разделены на три группы: 1-я – 20 больных, у которых развился ИМ с зубцом Q с локализацией в передней стенке ЛЖ; 2-я – 14 пациентов с ИМ передней локализации без зубца Q; 3-я группа – 21 больной, у которого по данным наблюдения в динамике не выявлено острого ИМ, вследствие чего (на основании данных клинико-инструментальных методов: ЭКГ в 12 отведениях, эхокардиографии,

увеличения уровня креатинфосфокиназы и ее МВ-фракции – МВ-КФК) был поставлен диагноз нестабильной стенокардии. В исследование не включали больных, у которых на ЭКГ регистрировали полную блокаду ножек пучка Гиса. Контрольную группу составили 23 здоровых добровольца. Базовые характеристики обследованных групп представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные клинические характеристики обследованных групп

Показатель	Контрольная группа (n=23)	1-я группа (n=20)	2-я группа (n=14)	3-я группа (n=21)
Мужчины, %	22	20	13	20
Возраст, годы	47±8	62±10	57±8	53±10

Пациенты получали лечение, включавшее антикоагулянты, антиагреганты, β-адреноблокаторы, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента и по показаниям нитропрепараты. У части больных (n=15) проводили тромболитическую терапию.

МКГ выполняли на 20–25-е сутки госпитализации у больных с ИМ и на 12–15-е сутки у больных с нестабильной стенокардией (как правило, перед выпиской).

МКГ-тест осуществляли с помощью 7-канальной стационарной МКГ-системы в незранированных помещениях в положении обследуемого лежа на спине на подвижной платформе. Датчики магнитного поля были расположены в 9 позициях (по 4 канала в каждой позиции) в рамках прямоугольной измерительной решетки 6 × 6 с шагом 4 см над прекардиальной областью. Общая продолжительность регистрации МКГ составляла около 10 мин. Одновременно регистрировали ЭКГ во втором отведении.

Результатом предварительной обработки сигнала являлись 36 усредненных МКГ-кривых. Затем с помощью маркеров выделяли опорные точки: начало и конец комплекса QRS и интервала ST-T. Во всех зарегистрированных МКГ-кривых соотношение сигнал – шум было достаточным для дальнейшего анализа, опорные точки PQRST хорошо дифференцировались. Подробное описание технологии магнитного картирования представлено в работе [2].

В течение короткого временного интервала (2–8 ч) до или после МКГ-исследования каждо-

му пациенту проводили електрокардіографічне обстеження в покое в 12 відведеннях з допомогою серійного електрокардіографа «Юкард-100» (Україна) і повне ехокардіографічне і доплер-ехокардіографічне дослідження на апаратах Toshiba (Японія) по стандартній методикі з використанням рекомендацій Американського ехокардіографічного товариства.

Методи аналізу даних МКГ

Для аналізу даних були реконструйовані розподілені джерела струму, породжуючі виміряне магнітне поле. Далі аналізували карти розподілення густоти струму. Одномоментні карти розподілення густоти струму і набори таких карт в часі інтервалів кардіоцикла і являються основним діагностичним зображенням і об'єктом аналізу в МКГ. Застосовувані нами підходи до аналізу цих карт докладно описані в статтях і методичних рекомендаціях.

Кожна окрема карта (тем більше набір карт на протязі певної фази кардіоцикла) містить багатобічну інформацію. Тому для аналізу необхідно застосовувати не єдиний показник, а їх сукупність. Показники, які складають сукупність МКГ-маркерів, можуть бути класифіковані наступним чином:

- а) просторові, призначені для аналізу особливостей розподілення векторів густоти струму в просторі (тобто в системі координат x і y);
- б) часові, призначені для аналізу особливостей динаміки (тобто змін)

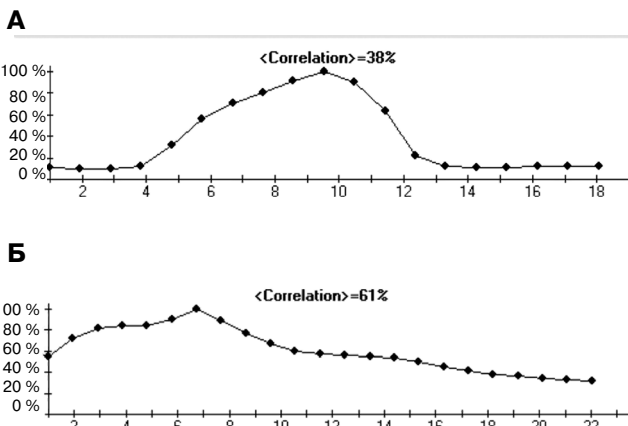


Рис. 1. Криві залежності коефіцієнта кореляції поточної карти з картою на вершині зубця R у здорового добровольця (А) і у хворого з обширним ІМ (Б).

окремих характеристик розподілення струму в часі.

Аналіз просторових показників оснований на понятті «повного напрямку» векторів густоти струму. Для кожного вектора густоти струму відоме нормальне напрямлення, тобто сектор в межах кругової діаграми від 0 до 180° і від -180 до 0° , застосовуваної в електрокардіографії, при попаданні в який напрямлення даного вектора вважають нормальним, іншими словами «повним».

Кількісним вираженням такого підходу є показник аномальності (abnormality index – AI), який представляє собою відношення сумми довжин векторів, направлених в правильному, «повному» для кожного моменту часу напрямленні, до сумми довжин векторів, які мають відмінне від «повного» напрямлення.

На протязі комплексу QRS «повне» напрямлення закономірно змінюється в часі аналізованого інтервалу. В часі деполяризації збудження послідовно охоплює міжшлуночкову перегородку, передньо-вершечний ділянку, вільну стінку ЛЖ і його задньо-базальний ділянку, таким чином, слід окремо розраховувати показники $AI_{QRS_{1-4}}$ для кожної з 4 фаз збудження шлуночків і $AI_{QRS_{total}}$ для всього комплексу QRS в цілому (рис. 1).

Оскільки в дане дослідження входили хворі з локалізацією ІМ в передній стінці ЛЖ, додатково розраховували показник $AI_{QRS_{1-2}}$, усереднюючий AIQRS тільки для двох перших фаз деполяризації шлуночків (міжшлуночкова перегородка і передньо-вершечна зона).

Часові характеристики оснований на багатобічному аналізі кривих «повного струму», які представляють собою криві змін в часі сумми довжин всіх векторів в усіх миттєвих картах розподілення густоти струму.

Для аналізу комплексу QRS цю криву використовували наступним чином: початок і кінець кожної з фаз деполяризації можна визначити двома способами: а) з урахуванням відомих з багатьох електрофізіологічних досліджень усереднених «повних» значень тривалості кожної фази деполяризації [13]; б) будуючись на формі кривої повного струму в кожній конкретній записі [8]. Отже,

кроме показателя, оценивающего степень соответствия норме направления векторов плотности тока, логично ввести построенный по такому же принципу показатель оценки продолжительности каждой фазы, представляющий собой отношение реальной длительности каждой фазы к «должной» ее длительности (DR_{1-4}), а также для всего процесса деполяризации в целом (DR_{total}). Кроме того, рассчитывали два показателя, по своей сути аналогичные известным электрокардиографическим показателям. Это продолжительность всего комплекса QRS в мс – Dur_{QRS} . А также фрагментированность кривой суммарного тока на протяжении комплекса QRS – Frg_{QRS} . Комплекс QRS признавали фрагментированным, если на кривой суммарного тока на протяжении этого комплекса имеется более одного отрицательного зубца на протяжении комплекса QRS.

Нами реализован подход, сочетающий в себе пространственный и временной анализ комплекса QRS. Исследовали кривую зависимости во времени коэффициента корреляции текущей карты с картой на вершине зубца R в течение комплекса QRS. Иными словами, определяли степень сходства каждой текущей карты с картой на вершине зубца R, то есть с картой, в которой величина суммарного тока наибольшая. Рассчитывали коэффициент корреляции между всеми картами на протяжении комплекса QRS – $CcorQRS$. Также анализировали форму кривой зависимости коэффициента корреляции текущей карты с картой на вершине зубца R. В норме эта кривая имеет три характерные точки перегиба (см. рис. 1А) – между 1-й фазой деполяризации, 2-й и 3-й фазами, а также 3-й и 4-й фазами. При патологии – эти точки, особенно 1 и 3 сглаживаются или полностью отсутствуют (см. рис. 1Б). Этот показатель назван нами $FormCorQrs$.

Таким образом, рассчитывали 7 показателей – $AIQRS_{total}$, $AIQRS_{1-2}$, DR_{total} , Dur_{QRS} , Frg_{QRS} , $CcorQRS$, $FormCorQrs$. Все количественные показатели были разделены на 4 диапазона значений, соответствующих норме, незначительным изменениям, умеренным изменениям, выраженным изменениям. При этом первому диапазону значений приписывали 1 балл, второму – 2 балла, 3-му и 4-му – соответственно 3 и 4 балла.

Для определения границ диапазонов значений количественных показателей использовали так называемую стратегию «равной заселенности» интервалов, когда в каждый диапазон попадает относительно одинаковое число измерений.

С помощью методов мультивариантной статистики определяли параметры, имеющие наибольшую ценность, то есть обладающие наибольшей разделяющей способностью. Затем эти отобранные параметры использовали для расчета комплексного индекса CI_{QRS} . Этот индекс представляет собой интегральный балльный критерий аддитивного типа, его рассчитывают путем сложения баллов отдельных параметров.

Данные МКГ сравнивали с результатами анализа ЭКГ и эхокардиографии. Для детальной оценки ЭКГ мы применяли наиболее изученную схему кодированная ЭКГ у больных с ОКС, а именно индекс повреждения при ИМ (cardiac infarction injury score – CIIS) [22]. Этот метод анализа ЭКГ разработан для оценки степени поражения миокарда у больных, перенесших ИМ. Доказано его диагностическое и прогностическое значение у больных с ИМ и нестабильной стенокардией, а также у пациентов с гипертонической болезнью и клинически здоровых лиц. Эта схема включает в себя 12 отдельных амплитудно-временных показателей ЭКГ и варьируется от 0 до 47 баллов.

Для оценки степени поражения миокарда по данным эхокардиографии использовали два базовых показателя – ФВ и индекс сократимости стенки ЛЖ (left ventricular wall motion score index – WMSI). Этот индекс основан на известной 16-сегментной модели ЛЖ. При этом при нормальной сократимости сегмента ему приписывают 1 балл, при гипокинезе – 2 балла, при акинезе – 3 балла, при дискинезе – 4 балла. Все полученные баллы складываются и делятся на 16, по числу сегментов. Полученный результат и представляет собой индекс сократимости стенки ЛЖ [21].

Кроме того, оценивали лабораторные показатели некроза — уровень активности МВ-КФК у всех пациентов и тропонина в сыворотке крови в первые сутки госпитализации у 27 пациентов.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 17.0. Использовали методы многомерной статистики: описательная статистика, непараметрические статистические методы; для сравнения незави-

Таблица 2
Показатели МКГ в обследованных группах

Показатель	Величина показателя (M±m) в группах			
	контрольной (n=23)	1-й (n=20)	2-й (n=14)	3-й (n=21)
AIQRS _{total} , %	1,00±0,40	22,65±3,59	14,57±1,89	8,86±2,10
AIQRS ₁₋₂	0,8±0,3	25,90±4,29	8,14±3,83	11,90±2,21
DR _{total}	1,15±0,12	1,44±0,28	1,42±0,51	1,47±0,30
Dur _{QRS} , мс	0,10±0,02	0,12±0,02	0,13±0,05	0,13±0,03
CcorQRS, %	39,30±7,03	55,55±6,36	49,57±6,29	48,24±13,23
FormCorQRS	1,2±0,1	3,3±0,5	2,4±0,3	2,3±0,5
FrQ _{QRS}	1,1±0,1	3,1±0,5	2,3±0,4	2,3±0,2

Таблица 3
Значения эхокардиографических и электрокардиографических показателей в обследованных группах

Показатель	Величина показателя (M±m) в группах			
	контрольной (n=23)	1-й (n=20)	2-й (n=14)	3-й (n=21)
CIIS	8,35±2,01	23,50±7,30	13,14±5,34	9,10±3,28
FV	62,04±3,55	47,15±11,54	49,57±8,06	57,29±8,26
WMSI	16,09±0,42	22,65±4,87	19,29±3,25	16,90±1,58

симых выборок – аналог дисперсионного анализа – Н-критерий Крускала – Уоллиса (с последующим множественным сравнением с применением Q-критерия Дана); для попарного сравнения групп – U-критерий Манна – Уитни. Для определения взаимосвязи между показателями вычисляли коэффициенты корреляции R Спирмена. Для всех видов анализа критический уровень значимости для статистических критериев принимался равным 0,05.

Результаты и их обсуждение

Анализ МКГ-показателей в обследованных группах представлен в табл. 2, эхокардиографических и электрокардиографических показателей – в табл. 3.

Для выяснения достоверности различий между группами применяют дисперсионный анализ ANOVA. Однако применение этого вида анализа требует соблюдения определенных условий – равенства количества наблюдений в группах, равенства величины дисперсий в группах (по критерию Левена), нормального распределения показателей (по критерию Шапиро – Уилка). В нашем случае не все из этих условий выполнялись, поэтому для дальнейшего анализа межгрупповых различий мы применяли непараметрические критерии, а именно Н-критерий Крускала – Уоллиса, который является непараметрическим аналогом дисперсионного анали-

за. Для попарного сравнения групп применяли U-критерий Манна – Уитни.

Среди МКГ-показателей наибольшую разделяющую способность продемонстрировали AIQRS_{total} (Н-критерий 36,8), AIQRS₁₋₂, (Н-критерий 36,5), CcorQRS (Н-критерий 25,4), а также FormCorQrs, и FrQ_{QRS}.

Разделяющая способность показателей DR_{total} и, особенно, Dur_{QRS} значительно ниже (Н-критерий соответственно 19,4 и 9,7). Разделяющая способность электрокардиографического индекса CIIS была сравнима с показателем AI QRS (Н-критерий 33,9). Среди эхокардиографических показателей наибольшую разделяющую способность имел индекс WMSI (Н-критерий 44,2). ФВ оказалась существенно менее ценным показателем для разделения групп (Н-критерий 24,5).

Поскольку при множественном сопоставлении выборок достоверные различия между какой-либо конкретной парой групп могут оказаться стертыми, дополнительно проводили все возможные попарные сопоставления по критерию Манна – Уитни). Выявлено, что по большинству показателей (кроме Dur_{QRS}) имеются достоверные различия между всеми группами пациентов с ОКС и контрольной группой. Группа больных с ИМ с зубцом Q достоверно отличается от остальных групп больных с ИБС по показателям AIQRS, CcorQRS, FormCorQrs, FrQ_{QRS}, CIIS, WMSI. Достоверных попарных различий между

группами больных с ИМ без зубца Q и нестабильной стенокардией не установлено ни по одному из исследованных показателей.

Таким образом, выявлено 5 МКГ-показателей, имеющих диагностическую ценность. Они вошли в комплексный индекс:

$$CI_{QRS} = AIQRS_{total} + AIQRS_{1-2} + CcorQRS + FormCorQrs + Frq_{QRS}$$

- Этот индекс ранжируется от 5 (минимальное значение) до 20 (максимальное значение) баллов.

- Средние значения индекса последовательно уменьшаются от первой до четвертой группы (рис. 2).

На основании этих результатов значения CI_{QRS} были разделены на 4 диапазона, также как и в отношении других количественных показателей: менее 9 баллов (норма), 9–12 баллов (незначительное повреждение миокарда), 13–14 баллов (умеренное повреждение миокарда), более 14 баллов (выраженное повреждение миокарда).

Разделяющая способность комплексного индекса наибольшая из всех исследованных параметров – Н-критерий = 52,3. Этот индекс позволяет достоверно различать все пары обследованных групп, кроме пары групп 2–3.

Для изучения взаимосвязи анализируемых показателей использовали корреляционный анализ. Во всех группах выявлена сильная взаимосвязь показателей Dur_{QRS} и DR_{total} .

Имеется связь средней силы между показателями МКГ $AIQRS_{total}$, $AIQRS_{1-2}$, $CcorQRS$, $FormCorQRS$, $FragmQRS$. Такие показатели МКГ, как $AIQRS_{total}$, $CcorQRS$, $FormCorQRS$, $FragmQRS$, коррелируют с электрокардиографическим индексом $CIIS$. Также имеется достоверная связь средней силы показателей $AIQRS_{total}$, $AIQRS_{1-2}$, $FormCorQRS$, $FragmQRS$ с ФВ, а также $AIQRS_{total}$, $AIQRS_{1-2}$, $CcorQRS$, $FormCorQRS$, $FragmQRS$ с $WMSI$. Корреляция примерно такой же силы существует между электрокардиографическим индексом $CIIS$ и $WMSI$. Интересно, что сила связи между двумя эхокардиографическими показателями $WMSI$ и ФВ также оказалась лишь средней.

В то же время комплексный показатель CI_{QRS} продемонстрировал тесную взаимосвязь с эхокардиографическим индексом $WMSI$ и связь средней силы с ФВ и $CIIS$. Не выявлено достоверной корреляционной связи между CI_{QRS} и уровнем Тр. Корреляция между CI_{QRS} и МВ-КФК

оказалась статистически достоверной, но слабой.

Предложенный в этой работе индекс повреждения миокарда концептуально является продолжением ряда электрокардиографических индексов повреждения (ECG damage scores), таких как балл Сильвестра, $CIIS$, Q-wave score. Термин «повреждение миокарда» в данном контексте используют в литературе в широком смысле, как характеристику состояния миокарда не только в стадии повреждения острого ИМ, а в любой фазе заболевания, в том числе в стадии постинфарктного кардиосклероза [17, 22]. Электрокардиографические индексы представляют собой комбинацию значений амплитудных и временных параметров зубцов комплекса QRS в разных электрокардиографических отведениях. МКГ, анализирующая векторные карты распределения плотности тока, то есть являющаяся методом визуализации миокарда, предоставляет значительно более многостороннюю информацию о состоянии миокарда, чем электрокардиография. В связи с этим были проанализированы различные параметры МКГ, отражающие разные аспекты электрофизиологии миокарда. В основе большинства этих показателей лежит хорошо изученная последовательность возбуждения областей ЛЖ во время деполяризации желудочков. Так, параметр $AIQRS_{total}$ отражает соответствие направления перемещения потока электрических зарядов физиологической норме в каждой из фаз деполяризации. Показатели $CcorQRS$ и $FormCorQRS$ отражают степень сходства между собой пространственной структуры карт на протяжении комплекса QRS. В норме имеются 4 хорошо очерченных интервала, соответствующих фазам деполяризации, внутри каждого из которых карты схожи друг с другом.

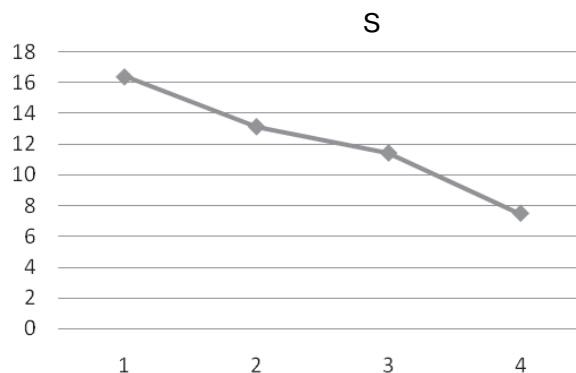


Рис. 2. Средние значения комплексного индекса CI_{QRS} в обследованных группах.

Между интервалами существуют четкие границы. При поражении миокарда, то есть возникновении зон с утраченной электрической активностью, такое отчетливое деление карт на группы в соответствии с фазами деполяризации нарушается, что отражается показателями $ScorQRS$ и $FormCorQrs$. Показатель DR_{total} отражает соответствие нормальным значениям продолжительности каждой из фаз деполяризации желудочков. Электрофизиологическая основа увеличения общей продолжительности комплекса QRS и его фрагментированности (Dur_{QRS} , Frg_{QRS}) хорошо изучена в электрокардиографии [6, 7].

Считаем необходимым разработку и применение интегрального критерия. Такой комплексный индекс синтезирует в себе эффект отдельных входящих в него показателей. Недостатком такого индекса является его относительная сложность и, следовательно, некоторая трудность его понимания по сравнению с восприятием отдельных простых показателей, но положительные стороны от применения комплексного индекса значительно весомее.

Индекс – это относительные статистические величины, позволяющие сравнительно просто рассчитать и соизмерить сложные объекты или системы, состоящие из непосредственно несопоставимых (то есть измеряемых в разных единицах) элементов.

В работах ряда авторов [14] обсуждают достоинства таких комплексных индексов. Комплексные индексы обладают большей диагностической и прогностической ценностью, чем отдельные показатели (биомаркеры), поскольку в них обобщается эффект нескольких независимых разносторонних показателей, а течение и исход любого заболевания, особенно ИБС, определяется не единственным патогенетическим механизмом а комбинацией нескольких. Многочисленность факторов, влияющих на течение ИБС и сложность механизмов заболевания, объясняют стремление увеличить точность диагностики и прогноза с помощью комбинации признаков.

Известны различные подходы к конструированию комплексных показателей. Мы использовали широко применяемую и естественную стратегию суммирования, смысл которой в сложении индивидуальных ранговых оценок каждой из составляющих комплексного индекса. Важно также, что балльный комплексный индекс позволяет градуально оценивать выраженность процес-

са, в отличие от некоторых других статистических приемов, например дискриминантной функции.

В нашем исследовании показано, что именно комплексный индекс CI_{QRS} обладает наибольшей информативностью (наибольшее значение H -критерия Крускала – Уоллиса и наиболее тесная корреляция с эхокардиографическим индексом $WMSI$) по сравнению с отдельными показателями МКГ, а также электрокардиографическим индексом повреждения миокарда $CIIS$.

Таким образом, результаты данного исследования еще раз подтверждают более высокую чувствительность МКГ по сравнению с электрокардиографией.

В то же время, ни один из показателей, в том числе CI_{QRS} , у больных с ИМ без зубца Q достоверно не отличался от соответствующего у пациентов с нестабильной стенокардией. Этот результат закономерен, поскольку провести четкую границу между этими двумя клиническими состояниями достаточно сложно. Обеим категориям больных свойственны универсальные механизмы возникновения и течения коронарной недостаточности; общим является и морфологический субстрат – формирование тромботического тромба в венечной артерии. Существующие различия отражают лишь степень динамики лабораторных индикаторов, ЭКГ-изменений, продолжительности ангинозного приступа и др. Поэтому при обсуждении многих клинических вопросов, например эффективности терапии ОКС, больных с нестабильной стенокардией и лиц с ИМ без зубца Q рассматривают как одну клиническую группу.

По мнению M. Simoons, «ОКС без подъема сегмента ST представляет собой собирательное понятие, которое в будущем будет разделено на несколько патофизиологически различных состояний» [1].

В нескольких недавних исследованиях [20] показана связь между функциональным состоянием миокарда ЛЖ и продолжительностью комплекса QRS у больных с ИБС. В нашей работе ценность этого показателя в определении степени поражения миокарда у больных с ОКС оказалась относительно низкой. В последующих исследованиях, с большим количеством пациентов, мы продолжим изучение диагностического значения определенной с помощью МКГ продолжительности комплекса QRS.

Еще меньшей оказалась ценность показателя DR_{total} , который отражает отношение

реальной длительности каждой фазы деполяризации к «должной» ее длительности. Вероятная причина – довольно большой разброс этого показателя у здоровых добровольцев, особенно последней фазы деполяризации – возбуждения задне-базального участка ЛЖ. Эти результаты отличаются от данных японских авторов, утверждавших, что продолжительность фаз деполяризации в группе здоровых колеблется в очень узких пределах [13].

Настоящая работа имеет ряд ограничений. В обследование включали больных лишь с передним ИМ, поскольку, по нашему мнению, возможности нового МКГ-индекса необходимо изучать последовательно при разных локализациях ИМ. В последующих работах мы планируем исследовать ценность МКГ-индекса повреждения миокарда и при других локализациях ИМ.

Предлагаемый в данной работе индекс повреждения миокарда ранжируется от 5 до 20 баллов. Это шкала эмпирическая, подобная той, которую используют, например, в электрокардиографическом индексе CIIS.

Целесообразно применять более строгое ранжирование, при котором один балл соответствовал бы определенному объему поражения миокарда. Таким образом, сконструирован известный электрокардиографический индекс Сильвестра. Каждый балл этого индекса означает потерю электрической активности примерно 3 % объема миокарда. Такая «цена» одного балла определена путем математического моделирования электрического генератора сердца. Мы также планируем использовать модель электрического генератора сердца в форме клеточного автомата для более точного определения размера ИМ на основе МКГ-индекса. Предполагаем, что такой подход позволит выявить более тесные связи между показателями повреждения миокарда на основе МКГ и биохимическими маркерами некроза. В настоящем исследовании такие связи оказались слабыми. Наконец, нерешенным остается вопрос о прогностическом значении предложенного индекса. Эта проблема станет предметом последующих исследований. Оптимальный, в том числе с экономической точки зрения, набор инструментальных обследований перед выпиской из стационара у больных с ОКС активно обсуждают [10]. Можно предположить, что значения CI_{QRS} перед выпиской следует учитывать, подобно результатам теста с физической

нагрузкой, для оценки риска осложнений. От степени этого риска зависят уровень рекомендуемой физической активности и частота повторных осмотров и инструментальных обследований на последующих этапах реабилитации больных с ОКС.

Выводы

1. Магнитокардиографическое обследование является перспективным новым инструментом для оценки степени поражения миокарда у больных с острым коронарным синдромом.

2. Имеется достоверная тесная связь между комплексным магнитокардиографическим индексом повреждения миокарда и эхокардиографическим индексом WMSI.

Авторы выражают благодарность Ю.А. Фролову за участие в создании программного обеспечения, О.А. Кривовой за помощь в статистической обработке данных, а также Госинформнауки Украины за поддержку в рамках проектов М/266-2012 и ДЗ/466-2012.

Литература

1. Пархоменко А.Н. Нестабильная стенокардия и инфаркт миокарда без зубца Q (мелкоочаговый) – острый коронарный синдром без подъема сегмента ST: особенности антитромботической терапии в эпоху медицины, основанной на доказательствах // Укр. кардіол. журн.– 2001.– № 2.– С. 25–36.
2. Сосницький В.М., Войтович І.Д., Бойчак М.П. та ін. Магнітне картування серця – нова інформаційна технологія неінвазивної електрофізіології // Доповіді Національної академії наук України.– 2011.– № 1.– С. 166–171.
3. Чайковский И.А., Бойчак М.П., Сосницький В.Н. и др. Информативность комплексного магнитокардиографического показателя для диагностики обструктивного поражения коронарных артерий: результаты двухцентрового исследования // Укр. кардіол. журн.– 2012.– № 1.– С. 42–51.
4. Чайковский И.А., Бойчак М.П., Сосницький В.Н. и др. Магнитокардиография в клинической практике: алгоритмы и технологии анализа данных // Лікарська справа.– 2011.– № 3–4.– С. 3–20.
5. Barbagelata A., Califf R.M., Sgarbossa E.B. Prognostic value of predischARGE electrocardiographic measurement of infarct size after thrombolysis: insights from GUSTO I Economics and Quality of Life substudy // Amer. Heart J. – 2004.– Vol. 148 (5).– P. 795–802.
6. Bauer A., Watanabe M., Barthel P. et al. QRS duration and late mortality in unselected post-infarction patients of the revascularization era // Eur. Heart J.– 2006.– Vol. 27.– P. 427–433.
7. Carey M., Luisi A., Baldwa S. The Selvester QRS Score is More Accurate than Q Waves and Fragmented QRS Complexes Using the Mason-Likar Configuration in Estimating Infarct Volume in Patients with Ischemic Cardiomyopathy// J. Electrocardiol.– 2010.– 43 (4).– P. 318–325.
8. Chaykovskyy I.A., Boychak M., Myasnikov G. et al. Evaluation of serial QRS changes during acute myocardial infarction based

- on magnetocardiographic scoring system // 2010, 17th International Conference on Biomagnetism, Frontiers Research, Foundation, Dubrovnik, Croatia, A127.
9. Comprehensive electrocardiology / Eds. P.W. Macfarlane, A. van Oosterom, O. Pahlm et al. – London: Springer-Verlag London Limited, 2011. – P. 2310
 10. Desideria A., Fioretti P., Cortigianic L. et al. Cost of strategies after myocardial infarction (COSTAMI) // Eur. Heart J. – 2003. – Vol. 24. – P. 1630–1639.
 11. Heart Disease. A textbook of cardiovascular medicine / Ed. E. Braunwald. – Philadelphia: WB Saunders Co, 1998.
 12. Kalogeropoulos A.P., Chiladakis J.A., Sihlimiris I. Predischarge QRS score and risk for heart failure after first ST-elevation myocardial infarction // J. Card. Fail. – 2008. – Vol. 14 (3). – P. 225–231.
 13. Kawakami S., Takaki H., Sato H. et al. A novel magnetocardiographic approach for estimating the whole ventricular activation with use of 3-directional recordings // Circulation. – 2010. – Vol. 122. – P. A13636.
 14. Krucoff M.W., Brindis R.G., Hodgson P.K. et al. Medical device innovation: prospective solutions for an ecosystem in crisis: adding a professional society perspective // JACC Cardiovasc. Interv. – 2012. – Vol. 5 (7). – P. 790–796.
 15. Pahlm S., Chaitman, B., Rautaharju P. et al. Comparison of the various electrocardiographic scoring codes for estimating anatomically documented sizes of single and multiple infarcts of the left ventricle // Amer. J. Cardiology. – 1998. – Vol. 81 (7). – P. 809–816.
 16. Riccardi G., Opasich C., Bosco L. et al. Correlation between Selvester's QRS score and left ventricular function at rest and during effort in patients who survived myocardial infarction // G. Ital. Cardiol. – 1999. – Vol. 19 (11). – P. 1015–1023.
 17. Richardson K., Engel G., Yamazaki T. et al. Electrocardiographic damage scores and cardiovascular mortality // Amer. Heart J. – 2005. – Vol. 149 (3). – P. 458–463.
 18. Sevilla D., Wagner N., Pegues R. et al. Correlation of the complete version of the Selvester QRS scoring system with quantitative anatomic findings for multiple left ventricular myocardial infarcts // Amer. J. Cardiology. – 1998. – Vol. 69 (5). – P. 465–469.
 19. Steg P.G., James S., Atar D. et al. ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation // Eur. Heart J. – 2012. – Vol. 33. – P. 2569–2619.
 20. Stewart R., Young A., Anderson C. et al. Relationship between QRS duration and left ventricular mass and volume in patients at high cardiovascular risk // Heart. – 2011. – Vol. 97. – P. 1766–1770.
 21. The Echo Manual / Eds. J. Oh, J. Seward, A. Tajik, W. Kluwert. – Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins, 2008.
 22. Van Domburg R., Klootwijk T., Deckers J.W. The Cardiac Infarction Injury Score as a predictor for long-term mortality in survivors of a myocardial infarction // Eur. Heart J. – 1998. – Vol. 19. – P. 1034–1041.
 23. Versteyleen M.O., Bekkers S.C., Smulders M.W. et al. Performance of angiographic, electrocardiographic and MRI methods to assess the area at risk in acute myocardial infarction // Heart. – 2012. – Vol. 98. – P. 109–115.
 24. Weir R.A., Martin T.N., Murphy C.A. et al. Comparison of serial measurements of infarct size and left ventricular ejection fraction by contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging and electrocardiographic QRS scoring in reperfused anterior ST-elevation myocardial infarction // J. Electrocardiol. – 2010. – Vol. 43 (3). – P. 230–236.

Поступила 8.11.2012 р.

Diagnostic value of magnetocardiography in the evaluation of myocardial involvement in patients with acute coronary syndrome compared to echocardiography and electrocardiography

I.A. Chaikovskii, G.V. Miasnikov, A.P. Kazmirchuk, V.N. Sosnitskii, A.G. Golub, S.V. Sofiyenko, Z.V. Levshova, T.V. Sosnitskaya, Yu.V. Gorodinskaya

The purpose of this paper was to investigate diagnostic value of magnetocardiography (MCG) index to assess the extent of myocardial damage in patients with acute coronary syndrome. All subjects examined were divided into 4 groups: first – 20 patients with anterior Q-wave myocardial infarction (MI), second – 14 patients with outcome in anterior non-Q-wave MI, third – 21 patients with unstable angina, control group – 23 healthy volunteers. Comprehensive MCG index CIQRS, consisting of 5 separate parameters, was developed. Additionally electrocardiographic (with calculation of the CIIS index) and echocardiographic examinations were performed. It was shown that the average value of the CIQRS consistently significantly decreased from the first to the fourth group. This index has the highest separating ability of all surveyed MCG, ECG and echocardiography parameters ($H - Kruskal - Wallis$ test = 52.3). CIQRS was closely related to the echocardiographic index WMSI. In conclusion, MCG index is a promising new tool for the assessment of myocardial damage in patients with acute coronary syndrome.