

УДК 616.127-005.8:519.23

БЕЛАЯ И.Е.¹, КОЛОМИЕЦ В.И.¹, МУСАЕВА Э.К.²¹ГУ «Луганский государственный медицинский университет»²Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ИСХОДА ОСТРОГО ПЕРИОДА ИНФАРКТА МИОКАРДА

Резюме. Исход острого периода инфаркта миокарда прогнозировался на основании статистического метода с применением алгоритма Data Mining «дерево решений». В качестве входных данных использовались чувствительные и специфические векторкардиографические показатели. Установлены прогностически значимые маркеры исхода острого периода инфаркта миокарда. Если возраст больного был 57 лет и более, а скорость распространения возбуждения по миокарду высоких отделов передней стенки левого желудочка замедлялась до 6,33 мв/с, прогнозировался летальный исход с точностью 92,86 %. В случае регистрации у пациента увеличения площади предсердных петель более 0,188 мм² (в ВА₂) с угловым расхождением петель QRS-P более 15,5° (в ВА₁), размыкания петли QRS менее 2,834 мм (в 3-й проекции) и скорости распространения возбуждения в конечной части петли Т менее 2,338 мв/с (в ВА₁) при различных значениях углового расхождения вектора QRS-T (в ВА₂) прогнозировался благоприятный исход с точностью 97,67 %.

Ключевые слова: острый период инфаркта миокарда, векторкардиография, прогноз.

В Украине ишемическая болезнь сердца в последние десятилетия приняла характер пандемии. В структуре смертности от нее превалирует инфаркт миокарда (ИМ), составляя на 100 тыс. взрослого населения 26,9 % [4]. При этом течение основного заболевания могут осложнять наиболее распространенные заболевания органов пищеварения — стеатоз печени (СП) и неалкогольный стеатогепатит (НАСГ). В связи с этим выявление прогностически значимых факторов течения ИМ, особенно на фоне хронической патологии, является актуальной проблемой современной кардиологии.

Одним из стандартов диагностики ИМ является электрокардиография (ЭКГ). Однако известно, что у 6 % больных в остром периоде ИМ не регистрируются изменения на ЭКГ, характерные для типичного течения [3]. Поэтому необходим поиск более чувствительных методов диагностики самых ранних изменений в миокарде при этой патологии. Перспективным методом исследования электрической активности сердца с первых минут развития ИМ является современная векторкардиография (ВКГ) [2]. Применение усовершенствованного кардиодиагностического многофункционального комплекса МТМ-СКМ Северодонецкого научно-производственного предприятия «Микротерм», созданного на основе достижений в области физики, информатики и компьютерной графики, позволяет с высокой чувствительностью и специфичностью у постели

больного в динамике регистрировать и анализировать изменения электродвижущей силы сердца в любой период ИМ. Кроме того, ВКГ-признаки ИМ при использовании математического анализа могут служить прогностическими маркерами исхода острого периода ИМ.

Прогнозирование в медицине, особенно при острых состояниях, постоянно совершенствуется. Этому способствуют применение различных методов математического анализа и развитие компьютерных технологий.

Наиболее часто для прогноза течения заболевания применяются дискриминантный и корреляционно-регрессионный методы анализа. Однако если переменная класса и классификационные признаки не связаны линейной зависимостью, дискриминантный метод не дает положительных результатов. В тех случаях, когда часть признаков отсутствует, оправданно использование последовательного статистического анализа А. Вальда. Вероятностные методы основаны на вычислении так называемых байесовских или априорных ве-

Адрес для переписки с авторами:

Белая Инна Евгеньевна

E-mail: belayainna@mail.ru

© Белая И.Е., Коломиец В.И., Мусаева Э.К., 2016

© «Медицина неотложных состояний», 2016

© Заславский А.Ю., 2016

роятностей [6]. Применяемые в медицине нейронные сети, представляющие собой нелинейные системы, не используют правил вывода для постановки диагноза — не программируются, а обучаются на примерах. При этом отсутствует возможность пошагово и детально проследить, каким образом полученные на выходе значения были рассчитаны [5]. Многие классические статистические методы, при помощи которых решаются задачи классификации, могут работать только с числовыми данными, а для некоторых из них еще существует необходимость определения входных параметров. Большинство методов математического анализа являются параметрическими и не могут быть использованы в прогнозировании течения острых патологических процессов в организме при отсутствии представления о виде модели, гипотезы о характере зависимости между переменными и предположения о распределении данных. В связи с этим перечисленные выше методы затратны по времени, сложны для восприятия и интерпретации.

Поэтому для прогнозирования исходов ИМ целесообразно использовать алгоритм «дерево решений», позволяющий сформировать правила классификации в виде иерархической (древовидной структуры). «Деревья решений» строят непараметрические модели и способны решать такие задачи, в которых отсутствует априорная информация о виде зависимости между исследуемыми данными. При этом «дерево» достаточно быстро обучается, классификационная модель легко интерпретируется, алгоритм выбирает наиболее значимые параметры из любого их количества. «Деревья решений» успешно работают как с числовыми, так и со строковыми значениями, позволяют извлекать правила на естественном языке. Алгоритмы построения «деревьев решений» имеют методы специальной обработки пропущенных данных. Кроме того, точность прогноза «деревьев решений» сопоставима с другими методами построения классификационных моделей, а целевая переменная «дерева» состоит из значений, принадлежащих некоторому конечному множеству [1].

Цель работы — определить прогностическую значимость векторкардиографических признаков острого периода инфаркта миокарда.

Материалы и методы

В условиях инфарктного отделения Луганской городской клинической многопрофильной больницы № 1 обследовано 14 больных с первичным обширным ИМ передней стенки левого желудочка (ЛЖ) (1-я группа) и 43 больных с сочетанным течением первичного ИМ передней локализации и СП или НАСГ (2-я группа). Первая группа состояла из 8 женщин и 6 мужчин (средний возраст — 69 ± 3 года), вторая группа — 23 женщины и 20 мужчин (средний возраст — 66 ± 2 года).

Больные госпитализированы в первые 24 часа от начала заболевания. Диагноз ИМ ЛЖ был уста-

новлен в соответствии с рекомендациями Европейского общества кардиологов по клиническим данным, оценке биохимических маркеров некроза миокарда, результатам ЭКГ в динамике [7] и ВКГ.

СП диагностировали по ультразвуковым признакам жировой дистрофии печени и отрицательным серологическим маркерам вирусного гепатита В и С, отсутствию злоупотребления алкоголем и приема гепатотоксических медикаментов. Диагноз НАСГ дополнительно устанавливали на основании устойчивой гипертрансаминаземии при соотношении АЛТ (аланинаминотрансфераза) к АСТ (аспартатаминотрансфераза) более единицы.

Векторкардиографически фиксировали петли P, QRS и T в системе координат в пяти проекциях (BA_{1-5}) с последующим анализом вращения петель в соответствии с ходом часовой стрелки, направления главного вектора, вида трассы, величины максимального вектора, площади, скорости распространения импульса по трассе петель P, QRS и T, углового расхождения петель QRS-T и QRS-P, наличия размыкания петель QRS и T и направления вектора ST. Исследование электродвижущей силы сердца проводили на современном кардиодиагностическом многофункциональном комплексе МТМ-СКМ Северодонецкого научно-производственного предприятия «Микротерм» (Свідоцтво про державну реєстрацію № 2375/2003, регистраційний № 19081403 от 26 декабря 2003 г., Украина).

В прогнозировании исходов ИМ был использован Data Mining алгоритм «дерево решений», реализованный в программном пакете Deductor Studio Academic, который является полноценной аналитической платформой, поддерживающей технологии Data Mining (процесс построения моделей и поиска закономерностей).

Результаты и их обсуждение

В группе больных с ИМ, сочетающимся со СП или НАСГ, у 23 пациентов (53,5 %) диагностирован СП I стадии, у 20 человек (46,5 %) — II стадии. У 4 больных этой же группы (9,3 %) диагностирован НАСГ.

С помощью алгоритма «дерево решений» выделены следующие ВКГ-показатели (атрибуты): величина максимального вектора и площадь петель QRS, T и P, угловое расхождение петель QRS-T и QRS-P. Результаты ВКГ-исследования были использованы в качестве входных данных. Целевым полем является поле «Смерть», принимающее значение «да» (True) и «нет» (False). Для оценки качества модели использовался визуализатор «Таблица сопряженности». На основании его анализа определена правильность классификации данных в 1-й группе. «Дерево» правильно классифицировало 13 примеров и 1 — ошибочно (рис. 1). Так, из 11 умерших 1 больной был отнесен к выжившим, т.е. ошибочно было распознано 7,14 % выборки.

Следовательно, получен результат с точностью 92,86 %.

Основными визуализаторами для данного алгоритма являются вкладки «Дерево решений» и «Правила». «Дерево решений» выделило только два ВКГ-показателя с определенными условиями: возраст и скорость распространения возбуждения по петле QRS в области вектора начального отклонения в BA_1 (рис. 2). Остальные показатели были «отсечены», что означает их минимальное влияние или его отсутствие на факт смерти.

На визуализаторе «Правила» изображены 3 правила (рис. 3). Показатели представлены с различными пределами их значений, согласно которым можно отнести пациента к классу выживших или умерших. Цена влияния на факт смерти (поддержка) и достоверность второго правила составили 76,92 и 100 % соответственно. В первом и третьем правилах только 15,38 и 7,69 % примеров из исход-

ной выборки отвечали условию. Следовательно, с достаточным доверием можно относиться только ко второму правилу: если возраст больного равен или более 57,5 года и скорость распространения возбуждения по петле QRS в области вектора начального отклонения в BA_1 менее 6,33 мВ/с, то прогнозируется летальный исход.

С помощью вкладки «Значимость атрибутов» можно определить, насколько сильно выходное поле (в данном случае — «жизнь» или «смерть») зависит от каждого атрибута. Значимость показателя «возраст» составила 52,28 %, «скорость распространения возбуждения по петле QRS в области вектора начального отклонения в BA_1 » — 47,72 % (рис. 4).

Следовательно, наиболее прогностически значимыми показателями у больных с острым обширным передним ИМ ЛЖ являются возраст и нарушение скоростных показателей в высоких отделах передней стенки ЛЖ.

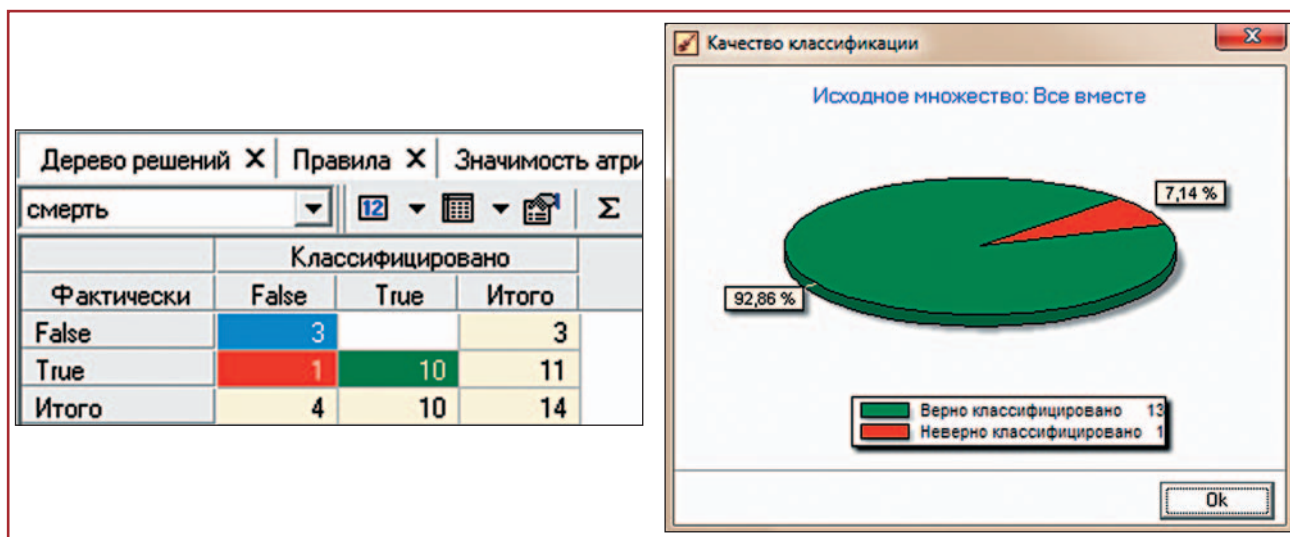


Рисунок 1. Визуализатор «Таблица сопряженности» (1-я группа больных)

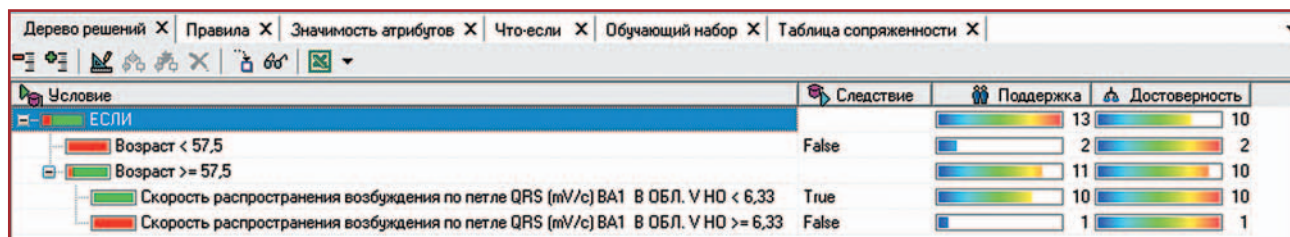


Рисунок 2. Визуализатор «Дерево решений» (1-я группа больных)

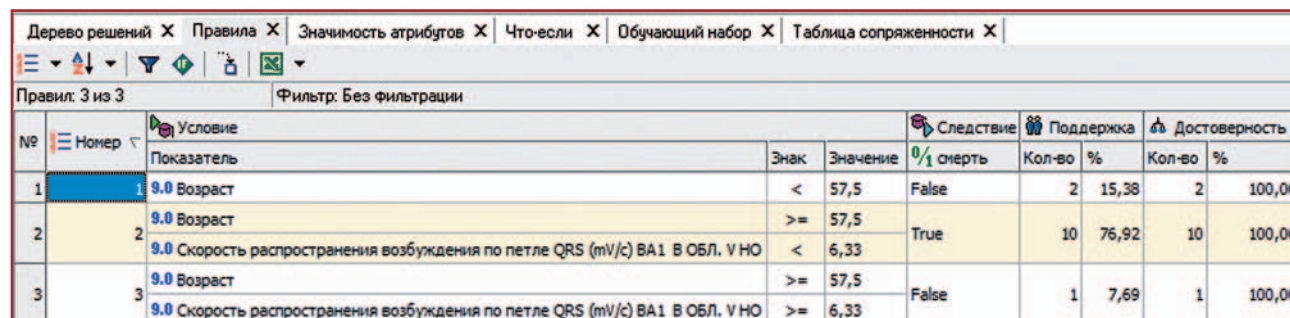


Рисунок 3. Визуализатор «Правила» (1-я группа больных)

Во 2-й группе больных «дерево» правильно классифицировало практически все примеры (97,67 %), и только 1 умерший из 17 больных был отнесен к выжившим (рис. 5).

На визуализаторе «Дерево решений» (рис. 6) «дерево» оказалось не очень «ветвистое», так как большая часть факторов была отсечена. Выделены 6 ВКГ-атрибутов: «размыкание в петле QRS в 3-й проекции», «размыкание в петле QRS во 2-й проекции», «площадь петель Р в BA_2 », «угловое расхождение вектора QRS-P в BA_1 », «угловое расхождение вектора QRS-T в BA_3 » и «скорость распространения возбуждения по петле Т в BA_1 в ее конечной части».

Полученные данные на вкладке «Правила» (рис. 7) позволяют определить, какой именно показатель влияет на факт смерти, какова цена этого влияния (поддержка) и какова достоверность правила. Так, 1, 2, 4 и 7-му правилам соответствуют менее 13 % выборки, а достоверность 5-го правила составила 66,67 %, значит, с достаточным доверием в группе больных с острым ИМ, сочетанным со СП или НАСГ, можно относиться к 3-му и 6-му правилам. Цена их влияния на факт смерти — 21,95 и 31,71 % соответственно.

3. Если площадь петель Р в BA_2 более или равна 0,188 мм², угловое расхождение петель QRS-P в BA_1 более или равно 15,5°, угловое расхождение векто-

№	Номер	Атрибут	Значимость, %
1	1	Возраст	52,283
2	15	Скорость распространения возбуждения по петле QRS (mV/c) BA1 в ОБЛ. V HO	47,717
3	72	Угловое расхождение вектора QRS-T BA3	0,000
4	73	Угловое расхождение вектора QRS-T BA4	0,000
5	74	Угловое расхождение вектора QRS-T BA5	0,000
6	69	Расположение петли Т BA4 вне петли QRS в квадранте	0,000
7	70	Угловое расхождение вектора QRS-T BA1	0,000

Рисунок 4. Визуализатор «Значимость атрибутов» (1-я группа больных)

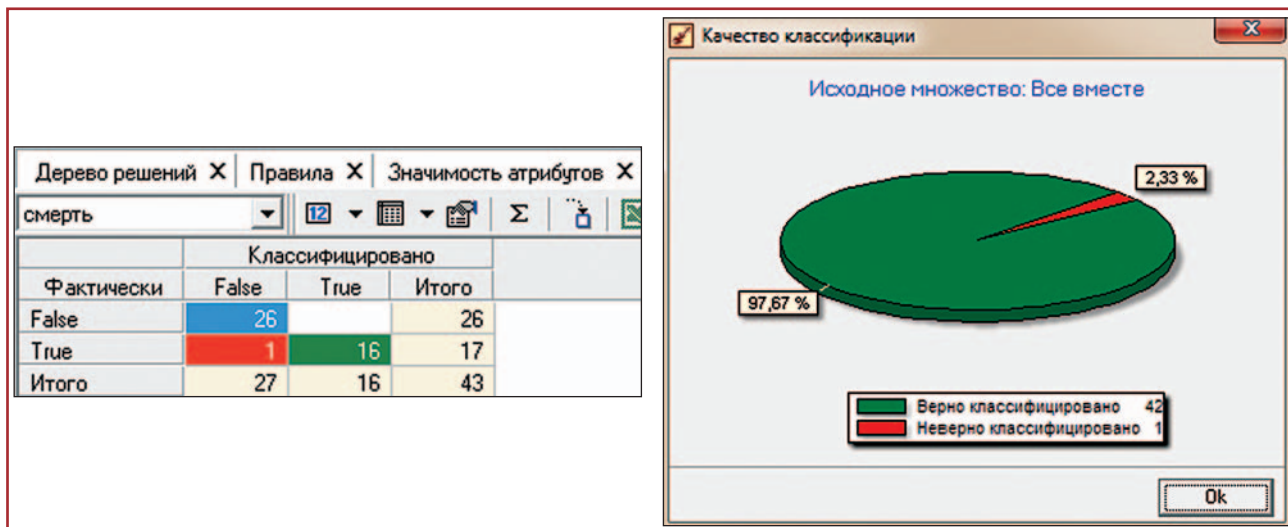


Рисунок 5. Визуализатор «Таблица сопряженности» (2-я группа больных)

Условие	Следствие	Поддержка	Достоверность
ЕСЛИ		41	24
Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм < 2,834		36	24
Площадь петель Р в каждой из пяти проекций BA2, мм2 (норма 0,133±0,045 мм2) < 0,188	True	4	4
Площадь петель Р в каждой из пяти проекций BA2, мм2 (норма 0,133±0,045 мм2) >= 0,188		32	24
Угловое расхождение вектора QRS-P BA1 < 15,5	True	2	2
Угловое расхождение вектора QRS-P BA1 >= 15,5		30	24
Угловое расхождение вектора QRS-T BA5 < 41,5		17	11
Скорость распространения возбуждения по петле Т (mV/c) BA1 в КОНЕЧНОЙ ЧАСТИ ПЕТЛИ < 2,338	False	9	9
Скорость распространения возбуждения по петле Т (mV/c) BA1 в КОНЕЧНОЙ ЧАСТИ ПЕТЛИ >= 2,338		8	6
Размыкание в петле QRS во 2 проекции, мм < 0,72175	True	5	5
Размыкание в петле QRS во 2 проекции, мм >= 0,72175	False	3	2
Угловое расхождение вектора QRS-T BA5 >= 41,5	False	13	13
Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм >= 2,834	True	5	5

Рисунок 6. Визуализатор «Дерево решений» (2-я группа больных)

Дерево решений X Правила X Значимость атрибутов X Что-если X Обучающий набор X Таблица сопряженности X										
Правил 7 из 7 Фильтр: Без фильтрации										
№	№	Условие	Показатель	Знак	Значение	Следствие 0/1 смерть	Поддержка		Достоверность	
							Кол-во	%	Кол-во	%
1	1	9.0	Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм	<	2,834	True	4	9,76	4	100,00
			Площадь петель Р в каждой из пяти проекций ВА2, мм2 (норма 0,133±0,045 мм2)	<	0,188					
2	2	9.0	Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм	<	2,834	True	2	4,88	2	100,00
			Площадь петель Р в каждой из пяти проекций ВА2, мм2 (норма 0,133±0,045 мм2)	>=	0,188					
3	3	9.0	Угловое расхождение вектора QRS-Р ВА1	<	15,5	False	9	21,95	9	100,00
			Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм	<	2,834					
			Площадь петель Р в каждой из пяти проекций ВА2, мм2 (норма 0,133±0,045 мм2)	>=	0,188					
			Угловое расхождение вектора QRS-Т ВА5	>=	41,5					
4	4	9.0	Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм	<	2,834	True	5	12,20	5	100,00
			Площадь петель Р в каждой из пяти проекций ВА2, мм2 (норма 0,133±0,045 мм2)	>=	0,188					
			Угловое расхождение вектора QRS-Р ВА1	>=	15,5					
			Угловое расхождение вектора QRS-Т ВА5	<	41,5					
			Скорость распространения возбуждения по петле Т (mV/c) ВА1 В КОНЕЧНОЙ ЧАСТИ ПЕТЛИ	<	2,338					
			Размыкание в петле QRS во 2 проекции, мм	<	0,72175					
5	5	9.0	Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм	<	2,834	False	3	7,32	2	66,67
			Площадь петель Р в каждой из пяти проекций ВА2, мм2 (норма 0,133±0,045 мм2)	>=	0,188					
			Угловое расхождение вектора QRS-Р ВА1	>=	15,5					
			Угловое расхождение вектора QRS-Т ВА5	<	41,5					
			Скорость распространения возбуждения по петле Т (mV/c) ВА1 В КОНЕЧНОЙ ЧАСТИ ПЕТЛИ	>=	2,338					
			Размыкание в петле QRS во 2 проекции, мм	>=	0,72175					
6	6	9.0	Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм	<	2,834	False	13	31,71	13	100,00
			Площадь петель Р в каждой из пяти проекций ВА2, мм2 (норма 0,133±0,045 мм2)	>=	0,188					
			Угловое расхождение вектора QRS-Р ВА1	>=	15,5					
7	7	9.0	Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм	>=	2,834	True	5	12,20	5	100,00

Рисунок 7. Визуализатор «Правила» (2-я группа больных)

Дерево решений X Правила X Значимость атрибутов X Что-если X Обучающий набор X Таблица сопряженности X									
Целевой атрибут: смерть									
№	Номер	Атрибут	Значимость, %						
1	82	Скорость распространения возбуждения по петле Т (mV/c) ВА1 В КОНЕЧНОЙ ЧАСТИ ПЕТЛИ	25,237						
2	132	Площадь петель Р в каждой из пяти проекций ВА2, мм2 (норма 0,133±0,045 мм2)	18,989						
3	72	Размыкание в петле QRS в 3 проекции, мм	18,928						
4	114	Угловое расхождение вектора QRS-Т ВА5	15,342						
5	115	Угловое расхождение вектора QRS-Р ВА1	11,512						
6	71	Размыкание в петле QRS во 2 проекции, мм	9,993						

Рисунок 8. Визуализатор «Значимость атрибутов» (2-я группа больных)

ра QRS-Т в ВА₅ более или равно 41,5° при размыкании в петле QRS в 3-й проекции менее 2,834 мм, у больных с сочетанной патологией прогнозируется благоприятный исход с точностью 97,67 %.

Список литературы

1. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холлод И.И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 336 с.
 2. Белая І.Є. Векторкардіографічні ознаки гострого інфаркту міокарда із зубцем Q задньо-нижньої локалізації в перші 24 години захворювання // Серце і судини. — 2012. — № 3. — С. 62-71.
 3. Внутренняя медицина: Учебник: В 3 т. / Е.Н. Амосова, О.Я. Бабак, В.Н. Зайцева и др.; под ред. проф. Е.Н. Амосовой. — К.: Медицина, 2008. — Т. 1. — 1064 с.

4. Гандзюк В.А. Аналіз захворюваності на ішемічну хворобу серця в Україні // Укр. кардіол. журн. — 2014. — № 3. — С. 45-52.
 5. Золин А.Г., Силаева А.Ю. Применение нейронных сетей в медицине // Актуальные проблемы науки, экономики и образования XXI века: материалы II Международной научно-практической конференции, 5 марта — 26 сентября 2012 года: В 2 ч., ч. 2 / Отв. ред. Е.Н. Шереметьева. — Самара: Самарский институт (фил.) РГТЭУ, 2012. — С. 264-271.
 6. Тарасова С.А. Прогнозирование в клинической медицине // Сборник статей по материалам XXX международной научно-практической конференции «Инновации в науке», № 2(27), часть II. — Новосибирск: СибАК, 2014. — С. 57-60.
 7. Van de Werf F., Bax J., Betriu A. et al. The Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology // Eur. Heart J. — 2008. — 29(23). — 2909-2945. — doi: 10.1093/eurheartj/ehn416.

Получено 02.12.15 ■

Белая І.Є.¹, Коломієць В.І.¹, Мусаєва Е.К.²

¹ДЗ «Луганський державний медичний університет»

²Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ПРОГНОСТИЧНІ МАРКЕРИ НАСЛІДКІВ ГОСТРОГО ПЕРІОДУ ІНФАРКТУ МІОКАРДА

Резюме. Наслідки гострого періоду інфаркту міокарда прогнозувалися на підставі статистичного методу із застосуванням алгоритму Data Mining «дерево рішень». Як вхідні дані використовувалися чутливі та специфічні векторкардіографічні показники. Установлені прогностично значущі маркери наслідків гострого періоду інфаркту міокарда. Якщо вік хворого був 57 років і більше, а швидкість поширення збудження по міокарду високих відділів передньої стінки лівого шлуночка сповільнювалася до 6,33 мВ/с, прогнозувався летальний наслідок із точністю 92,86 %. У разі реєстрації в пацієнта збільшення площі передсердних петель більше 0,188 мм² (у BA_2) із кутовою розбіжністю петель QRS-P більше 15,5° (у BA_1), розмикання петлі QRS менше 2,834 мм (у 3-й проекції) і швидкості поширення збудження в кінцевій частині петлі Т менше 2,338 мВ/с (у VA_1) при різних значеннях кутової розбіжності вектора QRS-T (у VA_2) прогнозувався сприятливий результат із точністю 97,67 %.

Ключові слова: гострий період інфаркту міокарда, векторкардіографія, прогноз.

Bielaiia I.Ye.¹, Kolomiets V.I.¹, Musaieva E.K.²

¹State Institution «Luhansk State Medical University», Luhansk

²Eastern-Ukrainian National University

named after Volodymyr Dal, Sievierodonetsk, Ukraine

PROGNOSTIC MARKERS OF THE OUTCOME OF THE ACUTE PHASE OF MYOCARDIAL INFARCTION

Summary. The outcome of the acute period of myocardial infarction was predicted based on a statistical method using the algorithm Data Mining Decision Tree. As the input data, we used the sensitive and specific vectorcardiography indicators. We established significant prognostic markers of the outcome of the acute phase of myocardial infarction. If the age of the patient was 57 years or more, and the nerve conduction velocity in the myocardium of the high parts of the anterior left ventricular wall slowed to 6.33 mV/s, the death was predicted with an accuracy of 92.86 %. In the case of registration of an increase in the area of atrial loops over 0.188 mm² (in BA_2) with an angular divergence of QRS-P loops more 15,5° (in BA_1), opening of QRS loop less than 2.834 mm (in 3 projections) and the nerve conduction velocity in the final part of T loop less than 2,338 mV/s (BA_1) at different values of the angular divergence of QRS-T vector (in VA_2), a favorable outcome with 97.67% accuracy was predicted in the patient.

Key words: acute phase of myocardial infarction, vectorcardiography, prediction.