

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИКИ ИНФАРКТА МИОКАРДА

Загидуллин Б. И.¹, Нагаев И. А.², Загидуллин Н. Ш.³, Загидуллин Ш. З.³

Картирование поверхности сердца (КПС) является неинвазивным и эффективным методом диагностики ИБС и инфаркта миокарда (ИМ). Большое количество систем КПС не позволяет создавать стандартные диагностические критерии.

Цель. Создание нейросетевой модели диагностики Q-ИМ и оценка её эффективности.

Материал и методы. С помощью КПС в 90 отведениях было обследовано 96 человек в контрольной группе, 35 – с передним Q-ИМ, 43 – с задним Q-ИМ, 14 – с диафрагмальным ИМ и 21 – с боковым ИМ. Была создана двухслойная нейросеть прямого распространения. Входной слой состоял из амплитуд зубцов Q, R, S, T и сегмента ST во всех 90 отведениях. В выходном слое получали вероятность нормы и различных локализаций ИМ.

Результаты. При тестировании НМ контрольной группы и показателей больных ИМ чувствительность оказалась равной 100%, а специфичность – 97,4%. Чувствительность контрольной группы и Q-ПИМ была 100%, Q-ЗИМ – 94,4%, Q-ДИМ – 85,7% и Q-бокового ИМ – 83,3%.

Заключение. Таким образом, была показана эффективность НМ по данным КПС в диагностике ИМ.

Российский кардиологический журнал 2012, 6 (98): 51-54

Ключевые слова: картирование поверхности сердца, нейросетевое моделирование, инфаркт.

Государственное автономное учреждение Республики Татарстан «Больница скорой медицинской помощи»¹, Набережные Челны; Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Республики Башкортостан Республиканский кардиологический диспансер², Уфа; ГБОУ ВПО Башкирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации³, Уфа, Россия.

Загидуллин Б. И.* – зав. отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения, Нагаев И. А. – заместитель главного врача по хирургии, Загидуллин Н. Ш. – д. м. н., профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней, Загидуллин Ш. З. – д. м. н., профессор, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): zb_post@mail.ru

КПС – картирование поверхности сердца, ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания, ИМ – инфаркт миокарда, НМ – нейросетевое моделирование, НС – нейросеть.

Рукопись получена 17.06.2012

Принята к публикации 06.11.2012

Широкое внедрение различных методик электрокардиографического картирования поверхности сердца (КПС), а также большое количество публикаций, описывающих диагностические критерии отдельных сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), в частности, инфаркта миокарда (ИМ), не привело к созданию четких диагностических алгоритмов, что затрудняет дальнейшее использование данного метода в клинической практике. Данный факт, а также развитие современных систем логического анализа данных заставляет искать иные пути обработки результатов диагностического обследования больных ССЗ путём создания автоматизированных систем регистрации и анализа данных [1–4]. Одной из таких систем явилось нейросетевое моделирование (НМ), в основе которого лежит принцип действия нейронов головного мозга человека [5, 6].

Целью исследования было определение эффективности нейросетевого моделирования в диагностике инфарктов миокарда по данным картирования поверхности сердца.

Материал и методы

Картирование поверхности сердца в 90 отведениях на всей поверхности тела было проведено у 219 пациентов с Q-передним (n=35), Q-задним (n=43), Q-боковым (n=21), Q-диафрагмальным (n=14) ИМ в подостром периоде и в контрольной группе (n=98). Наличие и локализация ИМ определялись по стандартным методам обследования (клиническая картина, кардиоспецифические ферменты,

эхокардиография, сцинтиграфия). Для КПС использовался диагностический комплекс “КАД-03” (“ДНК и К” г. Тверь), который обеспечивает регистрацию 90 монополярных грудных отведений (рис. 1). КПС проводили с помощью 18 монополярных отведений, окружающих поверхность грудной клетки по 5 горизонтальным уровням, на каждом из которых фиксировали 9 отведений с передней и 9 – с задней поверхностей грудной клетки. Первый пояс располагался на уровне второго межреберья (плечевых суставов), II – третьего межреберья (подмышечных впадин), III – четвертого межреберья по среднеключичным линиям, IV – на уровне мечевидного отростка, V – на середине расстояния между мечевидным отростком грудины и пупком. Для каждого пациента во всех отведениях проводилось программное вычисление амплитуды зубцов Q, R, S, T и сегмента ST.

Для нейросетевого моделирования (НМ) диагностики ИМ была использована двухслойная нейронная сеть (НС) прямого распространения (рис. 2). Входными значениями для сети явились 450 сигналов, разбитые на пять одинаковых по количеству подмножеств: первые 90 сигналов – амплитудные значения зубцов Q кардиограмм в каждом из 90 отведений, а последующие – соответственно зубцов R, S, T и сегмента ST. Совокупность распознанных амплитуд зубцов и сегмента ST от 90 отведений поступали на входной слой НС. Данные с выхода первого слоя поступают на второй (выходной) слой НС (все нейроны первого слоя соединены со всеми нейронами второго слоя). На выходе НС генерируется номер

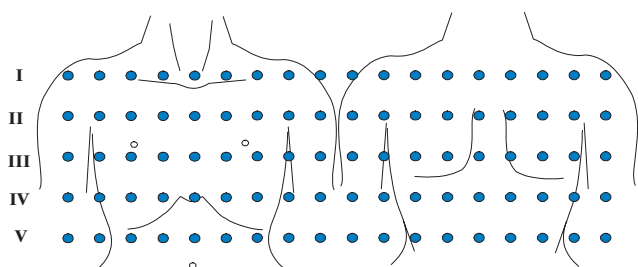


Рис. 1. Схема расположения 90 электродов при картировании поверхности сердца.

класса патологии, к которому относится совокупность входных сигналов, следующим образом: если объект принадлежит классу с номером i , то на i -ом выходе НС будет число, близкое к единице, а на всех остальных — числа, близкие к нулю. В данной сети

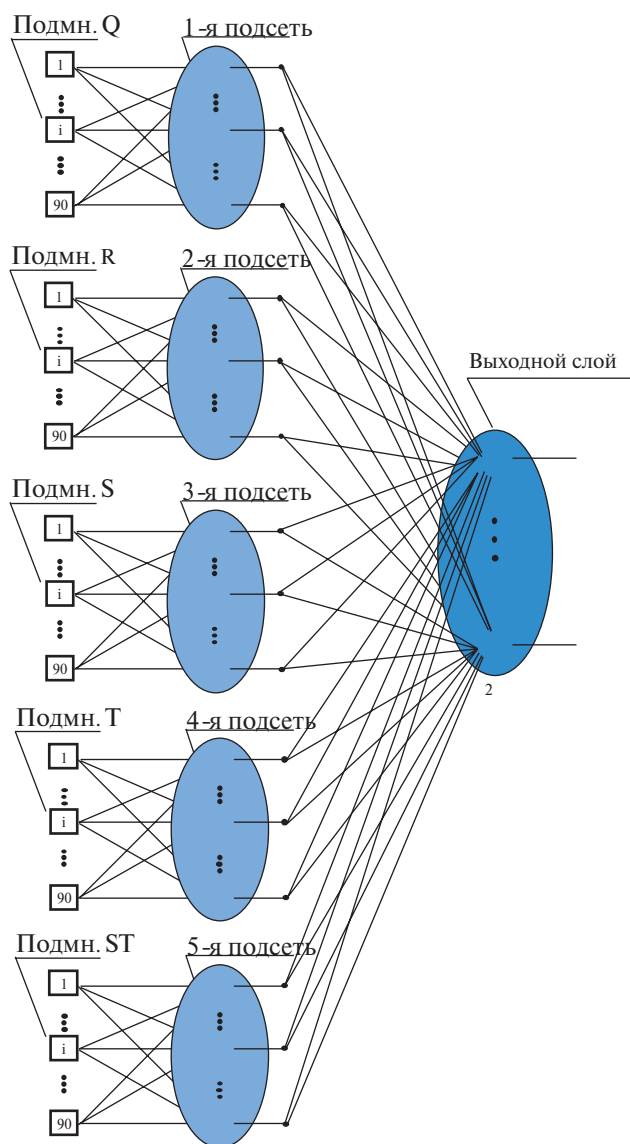


Рис. 2. Структура нейронной сети.

в первом слое было использовано 20 нейронов. С целью увеличения быстродействия НС, ускорения процесса обучения и уменьшения требований к аппаратным ресурсам компьютера был использован подход к минимизации её исходной структуры (рис. 2).

Обучение НС производится также с помощью алгоритма обратного распространения, адаптированного для данной структуры с помощью принципа постраничного обучения [7]. По каждой группе больных обучение проводилось на части имеющейся выборки, а тестирование — по оставшейся.

Результаты

Была создана компьютерная программа НМ “NEYROKART”, и получено авторское свидетельство [8] — рисунок 3. При активации программа обрабатывает файл отчёта по выбранному пациенту программы КПС “КАД-03” и, в соответствии с количеством диагнозов, заложенных в программе, выдает выходные значения. Величина выходного значения варьируется от 0 до 1 и, чем больше данный показатель, тем выше вероятность данного диагноза. Строго говоря, выходное значение не является вероятностью в классическом понимании, так как сумма всех выходных значений не равняется единице, однако по смыслу оно очень приближается к данной величине.

Управление программой состоит из двух частей: в правой части с помощью клавиш “Сброс”, “Обучение” и “Параметры” производится настройка нейросети. Кнопкой “Сброс” происходит обнуление всех синаптических весов, при активации кнопки “Обучение” открывается стандартное окно для загрузки обучаемого файла, а кнопка “Параметры” служит для настройки параметров обучения НС. В данной системе приняты соответствующие показатели: ошибка обучения — 0,001, количество итераций — 100000, скорость обучения — 1, порог распознавания — 0,9. В левой части программы расположены кнопки: “Распознать файл”, “Создать задание”, “Распознать задание”, отвечающие за анализ и распознавание поступающих данных. При нажатии на кнопку “Распознать файл” программа выводит стандартное окно “Windows” для загрузки распознаваемого файла. В нижней части основной страницы существуют поля “Работа” и “Результат”, первое из которых отражает вовлечение программы в распознавание или обучение в данный момент времени, а во второе записывается диагноз, соответствующий максимальному выходному значению (рис. 3).

Обучение НМ производилось по части выборки (табл. 1), а тестирование — по оставшейся. При анализе результатов тестирования учитывались как величина выходных значений, так и доля “верных” и “неверных” ответов нейросети.

Таблица 1

Количество пациентов в обучающей и тестируемой группах

Выборки	Контр. группа	Передний Q-ИМ	Задний Q-ИМ	Диафрагм. ИМ	Боковой ИМ
Объем обучающей выборки в группах, чел.	19	16	15	7	9
Объем тестируемой выборки в группах, чел.	77	19	38	7	12

Таблица 2

Доля выходных значений обученной нейросети при тестировании

Тестируемая выборка/ Диагнозы	Контр. группа	Боковой ИМ	Диафраг. ИМ	Задний Q-ИМ	Передний Q-ИМ	Всего
Норма	96%	0,4%	0,1%	2,1%	1,4%	100%
Боковой ИМ	1,7%	80%	0%	7,7%	10,5%	100%
Диафрагмальный ИМ	0,2%	8,9%	81,7%	7,4%	1,7%	100%
Задний ИМ	7%	0%	4,4%	88%	0,6%	100%
Передний ИМ	8,1%	3,6%	0,9%	1,7%	85,7%	100%

При принятии выходных значений при тестировании одного больного за 100% и определения доли каждого из диагнозов, вероятность постановки правильного диагноза и высокой вероятности выходного значения оказались максимальной в группе лиц с отсутствием ССЗ – 96%, а минимальной – в группе бокового ИМ – 80% (табл. 2). Ошибки вероятности при тестировании НС равномерно распределялись среди остальных групп. Так, при боковом ИМ система показала вероятность нормы в 1,7%, заднего ИМ – в 7,7%, переднего – в 10,5%, а диафрагмального – 0%.

В практической деятельности необходимо знать вероятность наличия того или иного диагноза при использовании выбранного метода диагностики. При тестировании контрольной группы и переднего Q-ИМ НС ни разу ни ошиблась (100%), при боковом ИМ – ошиблась в 2-х случаях в сторону заднего и переднего Q-ИМ (83,3%), при заднем ИМ – в 2-х случаях в сторону нормы (94,74%), при диафрагмальном – в 1-м случае в сторону бокового ИМ (85,7%).

При сравнении группы с отсутствием ССЗ с группой, объединяющей различные локализации ИМ, получены очень высокие показатели чувствительности и специфичности – соответственно 100 и 97,4%. При сравнении контрольной группы с различными локализациями ИМ показана максимальная чувствительность во всех парах, максимальная специфичность в группах с передним, боковым и диафрагмальным ИМ (100%) и по сравнению с задним – 94,76%.

Обсуждение

Высокие результаты тестирования НМ, полученные в исследовании, позволяют с оптимизмом рассматривать будущее применение подобных систем. Дальнейшее усовершенствование НС при анализе данных КПС может быть связано с обучением системы другим ССЗ. НМ перспективно, на наш взгляд, при сочетании нескольких диагнозов, в част-

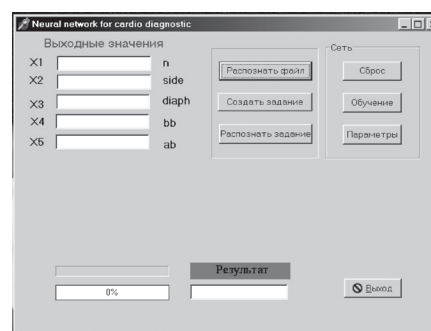


Рис. 3. Программа нейросетевого моделирования "NEYROKART".

ности, ИМ и блокад ножек пучка и ветвей Гиса.

С начала развития систем КПС интенсивно изучалась проблема оптимизации количества и схемы расположения электродов на поверхности грудной клетки [1, 9, 10]. При анализе значений синаптических весов, отражающих степень значимости входных сигналов НС, возможно определение максимальных значений, которые будут свидетельствовать о большей значимости тех или иных грудных отведений, зубцов или сегментов.

Однако на пути развития НМ существует целый ряд проблем и ограничений. Так, существуют проблемы "исключающее или", "паралича" сети, локальных минимумов, временной устойчивости [5]. Не существует четких критериев для подбора количества нейронов сети, а также размера шага итераций. Невозможно предсказать, насколько изменится сеть при добавлении новых диагнозов, а также количество примеров, необходимых системе для обучения. В нашем исследовании в обучаемых выборках параметры КПС достаточно резко отличались от соответствующих показателей в норме, однако можно предположить, что чувствительность и специфичность НМ будет снижаться при сравнении групп, имеющих меньшую степень различий между собой.

Заключение

Таким образом, НМ диагностики ИМ показала высокую чувствительность и специфичность как в диагностике ИМ, так и в определении локализации очага поражения. Особенную ценность, на наш взгляд, придает системе оценка степени вероятности наличия того или иного заболевания.

Информация

Научное исследование было выполнено при поддержке Госконтракта Федерального Агентства

по Образованию в рамках ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” по теме “Комплексный подход к оптимизации диагностики и лечения наиболее важных социально значимых заболеваний внутренних органов и нервной системы» и в рамках научно-исследовательского проекта РГНФ «Частота сердечных сокращений как фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний и изучение аритмогенеза для улучшения благополучия человека и снижения сердечно-сосудистой смертности», проект № 12–36–01303.

Литература

1. Finlay D., Nugent C., Donnelly M. et al. Selection of optimal recording sites for limited lead body surface potential mapping: A sequential selection based approach. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2006; 6:9.
2. Ramanathan C., Ghanem R., Jia P. et al. Noninvasive electrocardiographic imaging for cardiac electrophysiology and arrhythmia. *Nature medicine*. 2004; 10:4:422–8.
3. Medvegy M., MD, Preda I., Savard P. New Body Surface Isopotential Map Evaluation Method to Detect Minor Potential Losses in Non-Q-Wave Myocardial Infarction. *Electrocardiographic body surface mapping: potential tool for the detection of transient myocardial ischemia in the 21st century? Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2009; 14 (2):201–10.
4. Kittnar O, Micek M. Analysis of the electrical heart field. *Physiol Res*. 2010; 59 Suppl 1: S19–24.
5. Golovenkin S.E., Shulman V.A., Gorban A.N. et al. The use of neuronet expert system for complications of myocardial infarction. *IZvestiya VUZov. Priborostroenie*. 2005; 5:19–22. Russian. (Головенкин С.Е., Шульман В.А., Горбань А.Н. и др. Применение нейросетевой экспертной системы для прогнозирования осложнений инфаркта миокарда. *Известия ВУЗов. Приборостроение*. 2005; 5:19–22).
6. Vartanov A.V. Mechanisms of semantics: human – neuron – model. *Neurokomputeri*. 2011; 11:54–65. Russian (Вартанов А.В. Механизмы синематики: человек – нейрон – модель. *Нейрокомпьютеры*. 2011; 12:54–65).
7. Ijasov B. G., Munasypov R. A., Bulaev V. I. Neuronet structure minimization for data compression. *Neurecomputers: Development, use*. 2007; 10:75–81. Russian (Ильясов Б.Г., Мунасыпов Р.А., Булаев В.И. Минимизация структуры нейронной сети для решения задачи сжатия данных. *Нейрокомпьютеры: Разработка, применение*. 2007; 10:75–81).
8. Ijasov B. G. Zagidullin N. Sh., Munasypov P. A. et al. Computer program of myocardial infarction diagnostics “Neurokard”. Patent 2005610728 RF/Applic. 11.04.2005. Russian (Ильясов Б.Г., Загидуллин Н.Ш., Мунасыпов Р.А. и др. Компьютерная программа нейросетевой диагностики инфаркта миокарда «Нейрокард». А.С. № 2005610728 РФ. Заявл. 11.04.2005).
9. Finlay D., Nugent C., McCullagh P. Mining for diagnostic information in body surface potential maps: A comparison of feature selection techniques. *BioMedical Engineering OnLine*. 2005; 4:51.
10. McClelland A.J.J., Owens C.G., Menown I.B.A. et al. Comparison of the 80-lead body surface map to physician and to 12-lead electrocardiogram in detection of acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 2003; 92 (3):252–7.

Neural network model for diagnosing myocardial infarction

Zagidullin B. I.¹, Nagaev I. A.², Zagidullin N. Sh.³, Zagidullin Sh. Z.³

Body surface potential mapping (BSPM) is a non-invasive and effective method for diagnosing coronary heart disease (CHD) and acute myocardial infarction (AMI). However, most existing systems of BSPM are unable to create standard diagnostic criteria.

Aim. To develop the neural network model (NNM) for diagnosing Q-wave AMI and to assess the model effectiveness.

Material and methods. The BSPM method in 90 leads was used in 96 controls, 35 patients with anterior Q-wave AMI, 43 with posterior Q-wave AMI, 14 with inferior Q-wave AMI, and 21 with lateral Q-wave AMI. The input NNM layer was decomposed into five subsets corresponding to horizontal levels of registered signals, using amplitudes of Q, R, S, and T waves and the ST segment. The output layer produced the probability of the norm (controls) and different AMI locations.

Results. Exploring the NNM performance in controls and AMI patients, sensitivity of

100% and specificity of 97,4% was observed. Sensitivity reached 100% for anterior Q-wave AMI, 94,4% for posterior Q-wave AMI, 85,7% for inferior Q-wave AMI, and 83,3% for lateral Q-wave AMI.

Conclusion. Our data have demonstrated the effectiveness of NNM in AMI diagnostics.

Russ J Cardiol 2012, 6 (98): 51-54

Key words: body surface potential mapping, neural network modelling, acute myocardial infarction.

¹Tatar Republic Hospital of Emergency Medical Care, Naberezhnye Chelny; ²Bashkir Republic Cardiology Dispanser, Ufa; ³Bashkir State Medical University, Ufa, Russia.